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

فاطمه دهقان فاروجی*، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
علی بیت اللهی، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
پست الکترونیک نویسنده مسئول:fatemedehghan@yahoo.com

چکیده:

محور جاده‌ای هراز یکی از مهم‌ترین و پر تردد‌ترین 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. 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 زمین شناسی 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 زمین شناسی 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 ژوراسیک 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 قرارگرفت.

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

۱- مقدمه

آگاهی از جزئیات زمین‌شناسی یکی از بخش‌های ضروری تحلیل مخاطرات و ساخت و ساز است. مخاطراتی نظیر زمین-لغزش، زلزله، سونامی و... باید به صورت صحیح و دقیق تعیین مکان گردد. در سال‌های اخیر پیشرفت در فناوری و دانش زمین-شناسی در پروژه‌های مهندسی عمران ثابت شده است. ساخت سدها، تونل‌ها و مخازن و بسیاری از پروژه‌های عمرانی نظیر؛ راه-های ایمن و با استفاده از مواد و مصالح بسیار مقاوم و اقتصادی، مربوط به دانش زمین‌شـناسی است. شناخت 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 ٦٠ سال اخیر و لیتولوژی یا سنگ‌شناسی منطقه (کوید،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 عمدتا 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، ۱۳۸٦؛ جعفرخانلو و همکاران، ۱۳۸۹). مطالعات زمین‌شناسی و مخاطرات زمین‌شناختی در مسیر آزاد راه‌ها و جاده‌ها توسط محققان زیادی انجام یافته است.

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).

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 پارامترای 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 ۱۳۹٦ مخاطرات محیطی و مورفوژنز فعال در جاده کرج-چالوس (تا تونل کندوان) مورد بررسی قرار گرفته است.

نقاط ضعف راه‌ها در مطالعه باقدم (۱۳۸۳) را می‌توان به گروه-هایی همچون اقلیمی (لغزندگی، در معرض باد و طوفان بودن، درمعرض 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 نا خواه در دینامیک محیط طبیعی، دگرگونی‌هایی را به وجود می‌آورد. درصورتی 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،۲۰۰٤). از این رو شبکه‌های ارتباطی پس از ساخت بیشتر

از هر چیز به وسیله مخاطرات ژئومورفولوژیک مانند حرکات توده‌ای، زمین‌لغزش و پیدایش خندق‌ها از یک سو و فعالیت‌های انسانی، از سوی دیگر تهدید می‌شود (بهاتارای،۲۰۰٤).

انتخاب تونل‌ها، بهمن‌گیرها حداکثر شیب مجاز، حداقل پیچ و خم‌های جاده با مطالعه ویژگی‌های ژئومورفولوژیک، لیتولوژیک و زمین‌شناسی صورت می‌گیرد (بلادپس،۱۳۸٦). درک فرآیندهای ژئومورفولوژیک برای طراحی جاده‌ها در محیط‌های ناپایدار امری بسیار ضروری است زیرا اکثر خطراتی که فعالیت عمرانی مهندسی را مورد تهدید قرار می‌دهد، منشا ژئومورفولوژیک 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 (بیلفرد 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،۱۳۹٦).

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 می‌کند که جاده‌های نواحی کوهستانی در معرض خطرات طبیعی مانند بهمن، 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 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،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. پهنه-بندی نواحی مستعد وقوع لغزش با استفاده از GIS محور هراز از رودهن تا رینه توسط امیرکرم و تورانی در سال۱۳۹۳ 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 بهمن در جاده هراز بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی که توسط قنواتی و کریمی در سال 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 AHP با توجه به درجه تأثیر آنها وزندهی شده و ضمن ترکیب این لایه باهم، نقشه پهنه‌بندی خطر بهمن در منطقه ایجاد شده است.

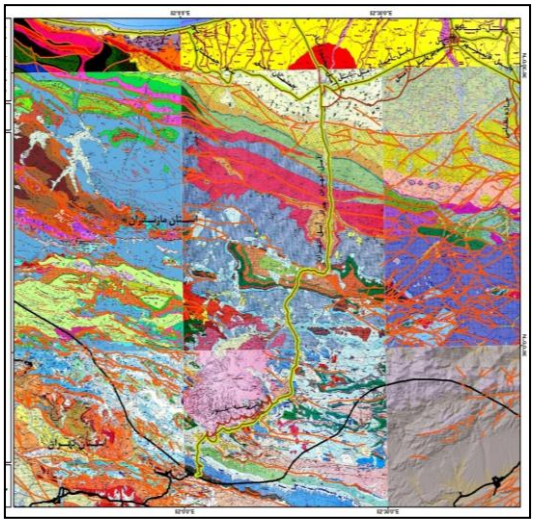
در مطالعه دیگری که توسط غیومیان و همکاران، ۱۳۷۸ در جاده هراز زمین لغزش امامزاده علی را به صورت سینماتیک تحلیل نموده است در این تحقیق، به کمک شواهد بدست آمده از بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های صحرایی و نیز با در نظر گرفتن شرایط زمین‌شناسی و ساختاری خاص این ناحیه و کار، حرکت دامنه‌ای تعیین گردید و بر این اساس یک الگو برای نشان دادن مراحل مختلف توسعه و تکامل زمین‌لغزش مذکور ارائه گردیده است.

۱-۱- 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 زمین شناسی 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 طوری‌که امروزه 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.

۲- 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 (شکل۱). این محور یکی از مهمترین محورهای حمل و نقلی استان تهران و مازندران محسوب می‌گردد که از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است.



شکل۱. محور هراز

۳- مواد و روش‌ها

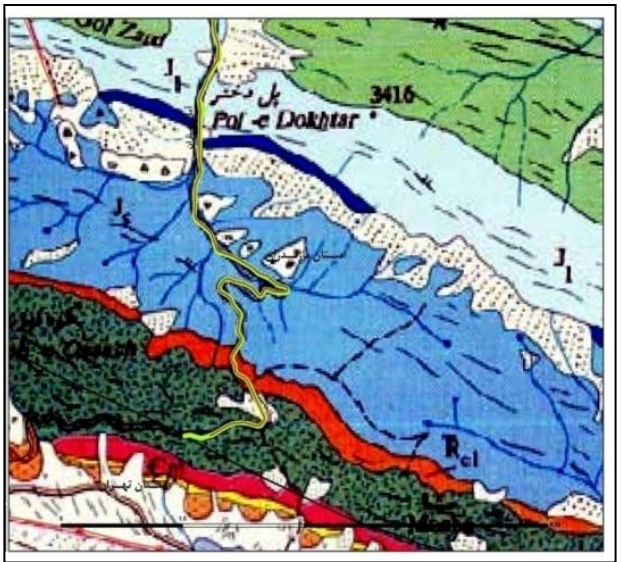
روش تحقیق این مطالعه به صورت توصیفی- تحلیلی است. به منظور مطالعات زمین‌شناسی مسیر از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی استفاده شد. ۹ شیت نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را تحت پوشش قرار می‌دهد. در مرحله اول، نقشه‌های زمین‌شناسی که این محور را پوشش می‌دهند، ژئورفرنس شده و فایل رقومی محور بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی پلات گردید و سپس پیمایش بر روی مسیر بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی انجام گرفت و ویژگی‌های زمین-شناسی 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 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. 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.

۳-۱- توصیف ویژگی‌های زمین‌شناسی از روی نقشه با با پیمایش از روی مسیر

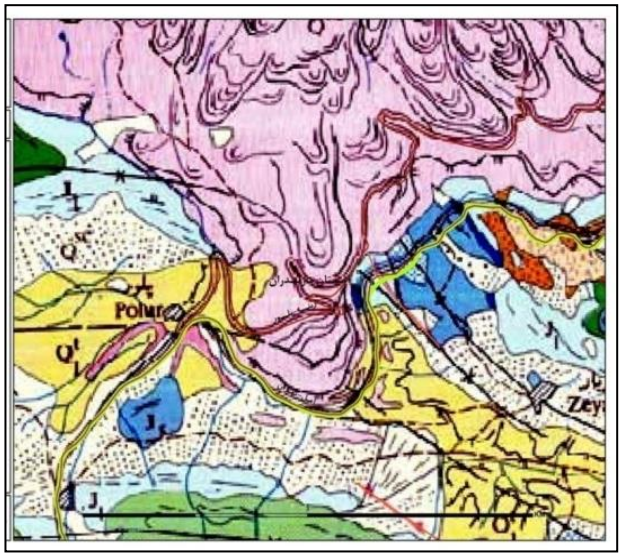
در ابتدای این محور، مسیر جاده از بین سازندهای تفکیک نشده مبارک و جیرود(D-C) به سن دونین و کربونیفر گذر می‌کند. حدود ۱ کیلومتر مسیر جاده از بین این تشکیلات می‌گذرد. سپس مسیر جاده حدود۶۰۰ متر درون تشکیلات (Q_2^f) که متشکل از مخروطه افکنه‌های سنگ‌ریزه می‌باشد، ادامه پیدا می‌کند و سپس وارد تشکیلات سازند 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 (Js) 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 ٤ کیلومتری ادامه دارد و در اواسط آن، رخنمونی از قطعه سنگ‌های جریان یافته (Q^{rs})، 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^{rf}) مشاهده می‌گردد و پس از آن در محدوده پل دختر رخنمون بسیار بسیار باریکی از تشکیلات (J_d) سنگ آهک تخریبی با لایه بندی خوب و سنگ آهک مارنی از سازند دلیچای با سن ژوراسیک میانی که گسل خورده نیز هست، در مسیر جاده ملاحظه می‌گردد و دوباره مسیر جاده وارد تشکیلات (J1) 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_{rf}) مشاهده می‌گردد(شکل۲).

شکل۲. زمین‌شناسی محور هراز در ابتدای مسیر تا محدوده پل دختر



شکل۳. زمین‌شناسی محور هراز در محدوده پلور و دامنه دماوند

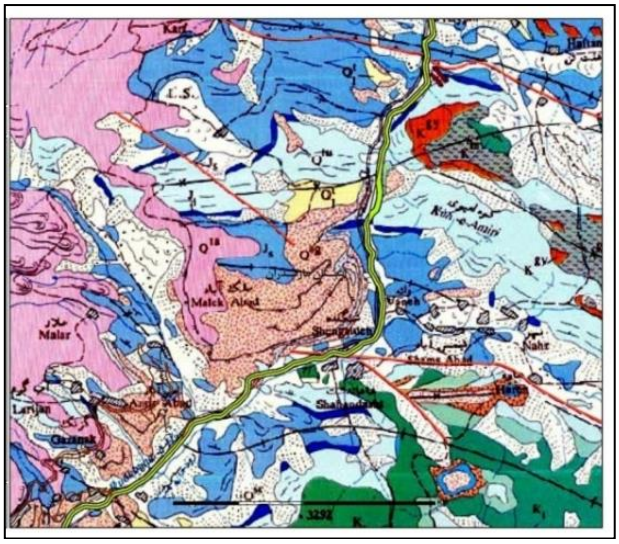
سپس مسیر جاده در بین واریزه‌های کواترنری (Q^{sc}) ادامه پیدا می‌کند تا به تشکیلات (Q_1^t) و (Q^{ta}) متشکل از پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و جریان‌های گدازه تراکی آندزیتی است، می‌رسد که از سنگ‌های آتشفشانی دماوند می‌باشد. رخنمون این سنگ-های در سمت چپ جاده است و در سمت راست جاده واریزه-های کواترنری (Q^{sc}) رخنمون دارد که میان لایه‌هایی از پادگانه-های آبرفتی قدیمی و جریان‌های گدازه‌ای تراکی آندزیتی در بین آن‌ها وجود دارد (شکل۳). در فاصله ٤.٥ کیلومتری از پلور در سمت چپ جاده، رخنمون باریکی از سازند دلیچای ملاحظه می-گردد 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 دلیچای 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^{tv}) متشکل از توف سبز، جریان‌های گدازه و گدازه‌های برشی آندزیتی- بازالتی به سن ائوسن ملاحظه می‌گردد که در مسافت۳.٤ کیلومتری به تناوب در دو سمت جاده تکرار می‌گردد (شکل٤). 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 ۱۳.٦ 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^{tv}) 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 هوازدگی 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 ٤.۵ کیلومتری ملاحظه می‌گردد. پس از آن، مسیر جاده دوباره وارد تشکیلات کواترنری گردیده و تا ٤.۷ کیلومتر ادامه می‌یابد و پس از طی این مسیر، در سمت چپ جاده تشکیلات (E_k^{tv}) 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(شکل٤).



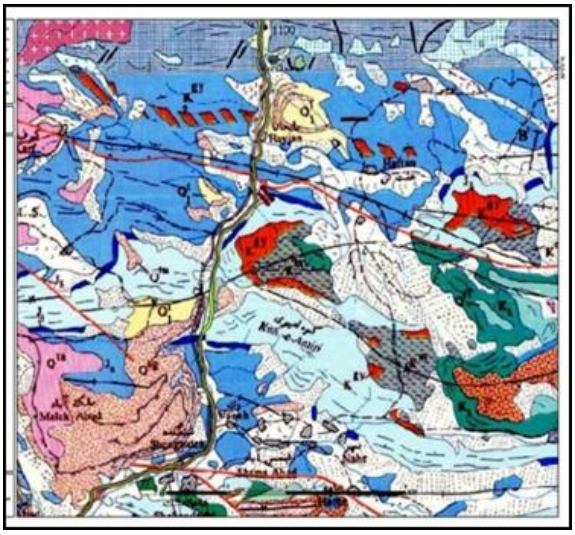
شکل٤. زمین‌شناسی محور هراز در محدوده در محدوده عباس آباد و کوه امیری-تناوب رخنمون سازندهای شمشک و لار

از محدوده وانه به سمت بایجان مسیر جاده در بین تشکیلات (Q_1^t)، تشکیلات سنگ آهک لار (J_1) و قطعه‌سنگ‌های ریزش یافته جوان به طور متناوب گذر می‌کند(شکل۵).

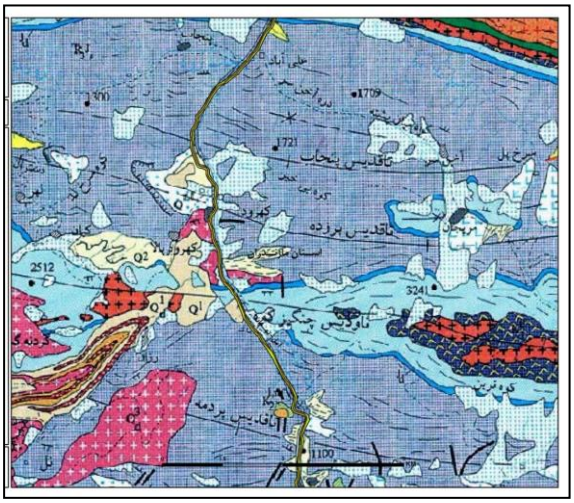
مسیر جاده پس از گذر از تشکیلات فوق‌الذکر، از بین مخروطه افکنه‌های آبرفتی، گنگلومرای مخروطه افکنه‌ای و مخروط‌های واریزه‌ای (Q_2^f) و (Q_2) که شامل مخروطه افکنه-های و پادگانه‌های آبرفتی جوان و پهنه‌های آبرفتی است، می‌گذرد و سپس وارد تشکیلات (R_3^{js}) از سازند شمشک می‌گردد و ۳.۲ کیلومتر درون این تشکیلات 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 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 (Jd) به سن ژوراسیک و گدازه‌های مربوط به سنگ‌های آتش-فشانی دماوند(Q_d^3) به سن کواترنری و سنگ‌ریزش و واریزه-های آبرفتی تفکیک نشده در فاصله ۵.۵ کیلومتری مشاهده می‌گردد(شکل٦).



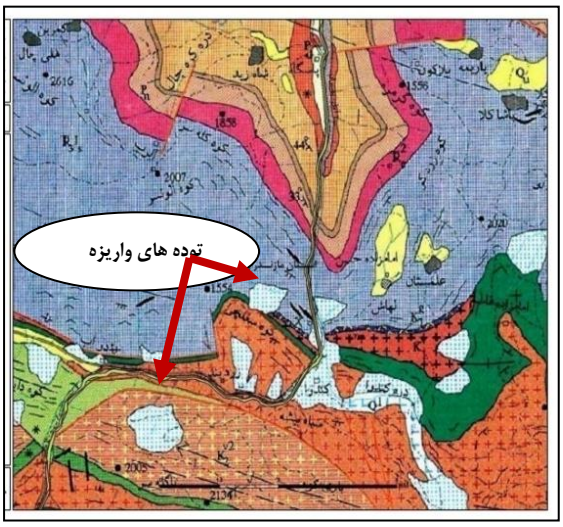
شکل۵. زمین‌شناسی محور هراز از محدوده وانه تا بایجان-تناوب رخنمون لار، پادگانه‌های آبرفتی و قطعات ریزشی



شکل٦. زمین‌شناسی محور هراز در محدوده ناودیس چنگیز و کهرود-تناوب رخنمون لار، شمشک، پادگانه‌های آبرفتی و گدازه

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 علی آباد 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^g) 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^j) متشکل از سنگ آهک گلوبوترانکانادار، سنگ آهک ماسه‌ای و مارنی، تشکیلات(K_2^{vl}) متشکل از دیاباز، سنگ‌های آندزیتی یا بازالتی و آذرآواری را قطع می‌نماید. این تنوع لیتولوژیکی در فاصله ٤.٧ کیلومتری مشاهده می‌گردد(شکل٦).

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 ٢.٤ کیلومتر گسترش دارد. این بخش می‌تواند از نظر ریزش سنگ و خاک مهم باشد(شکل٦).



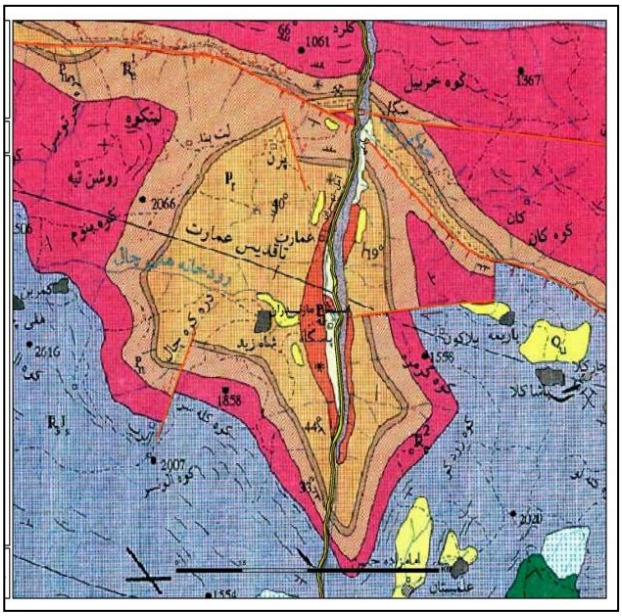
شکل۷. زمین‌شناسی محور هراز- دیاباز و سنگ‌های آندزیتی-بازالتی و توده‌های واریزه‌ای درون آن

همانطوری‌که در شکل۷، ملاحظه می‌گردد، بعد از اینکه جاده از بین سنگ‌های آندزیتی و بازالتی و توده‌های واریزه‌ای گذشت دوباره وارد سازند شمشک می‌گردد و پس از ١.٤ 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،

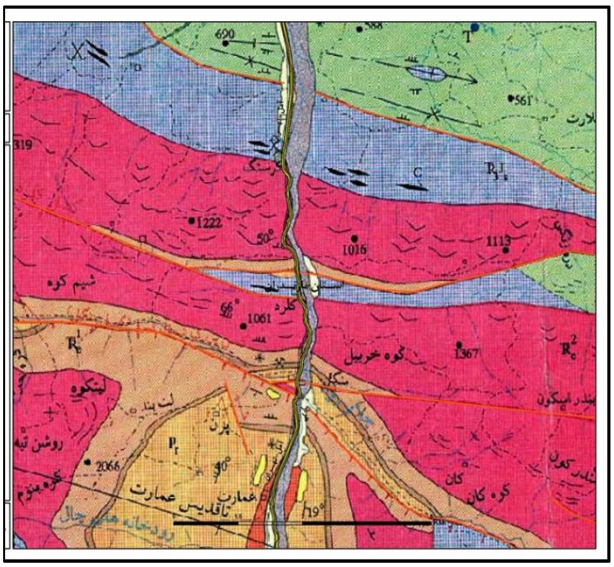
سنگ آهک دولومیتی دارای چرت مربوط به سازند روته، تشکیلات(P_d) متشکل از شیل، ماسه سنگ، سنگ آهک، سیلت سنگ و کوارتزیت مربوط به سازند درود و مخروطه افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان و آبرفت‌های سخت نشده عهد حاضر. همه این تشکیلات و تنوع لیتولوژی در فاصله ٤ کیلومتری و به ترتیب در دو سمت جاده قابل مشاهده است (شکل۸).

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 رسوبات سخت نشده کواترنری حدود۱.۳کیلومتر ادامه یافته که در بالادست آن در سمت چپ و راست، بخش بالایی سازند الیکا به خوبی قابل مشاهده است و سپس۵۰۰ 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 رخنمون دارد. در سمت راست همچنان رسوبات سخت نشده کواترنری مشاهده می‌گردد. مسیر جاده بعد از گذر از سازند الیکا وارد سازند شمشک می‌گردد که رخنمون آن در سمت چپ قابل مشاهده است و سمت راست جاده را همچنان رسوبات سخت نشده کواترنری (Q^{al}) تشکیل می‌دهد (شکل۹). 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 رخنمون بیشتری نسبت به سمت راست جاده دارد.

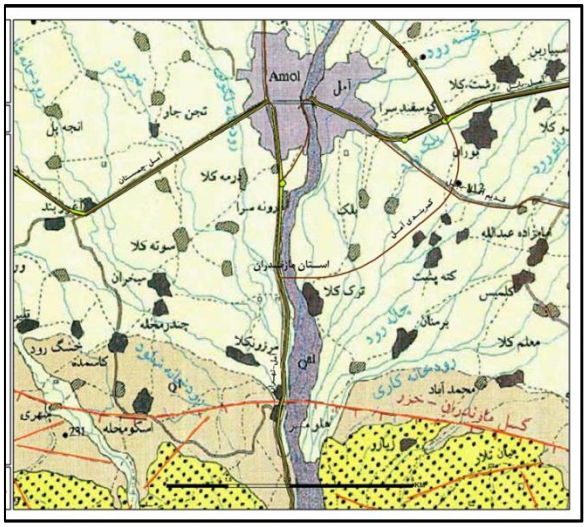
سمت چپ جاده را رسوبات سخت نشده بسیار جوان کواترنری تشکیل می‌دهد(شکل۹). مسیر جاده داخل این تشکیلات ادامه پیدا کرده تا به شهر آمل می‌رسد(شکل۱۰).



شکل۸. زمین‌شناسی محور هراز– تناوب سازندهای سازند الیکا، روته،درود و رسوبات کواترنری



شکل۹. زمین‌شناسی محور هراز- رخنمون سازندهای شمشک،الیکا، شمشک



شکل۱۰. زمین‌شناسی محور هراز در انتهای مسیر- رخنمون رسوبات آبرفتی جوان

۳-۲- بازدیدهای میدانی

بازدیدهای میدانی این مسیر مربوط به حد فاصل بین آمل و امام-زاده 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.

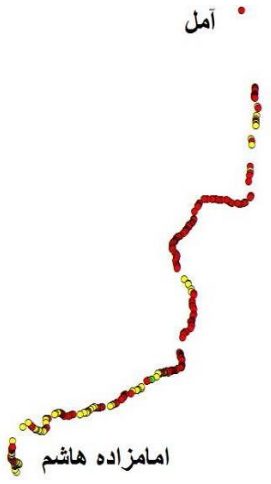
در این مرحله از انجام کار، ابتدا نقشه گسل‌ها از روی نقشه‌های زمین‌شناسی، تهیه گردید و نقاط مربوط به تقاطع آن‌ها با محور جاده استخراج و جهت مشاهدات میدانی و تدقیق بر روی تصاویر ماهواره‌ای جانمائی گردید.

۳۱ نقطه گسلی منطبق بر محور جاده، در نقشه جانمائی و در بازدیدهای میدانی مورد تدقیق قرار گرفت (در حین بازدیـدهای میدانی در نقاط متوالی نیز که گسل‌ها مشهود بود، ثبت گردید). نقشه گسل‌های 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 گسل‌هائی مورد بازدید قرار گرفت که در پیرامون محور جاده واقع شده و در میدان دید قرار داشت.

در شکل۱۱ 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 بخـش میانی تعداد گســل‌های کمتری دیده می‌شود. فعال بودن حرکت‌های تکتونیکی در این منطقه بر کسی پوشیده نیست و وجود گسل‌های متعدد همین امر را تائید می‌کند. با توجه به مشاهدات میدانی و همچنین نقشه مربوطه، جهت اغلب گسل‌ها، عمود بر محور جاده بود.

شکل۱۱- نقشه گسل‌های محور هراز

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 (شکل۱۲). 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) طبقه بندی گردید.



شکل۱۲. نقاط مورد بازدید با درجه‌بندی در محور هراز

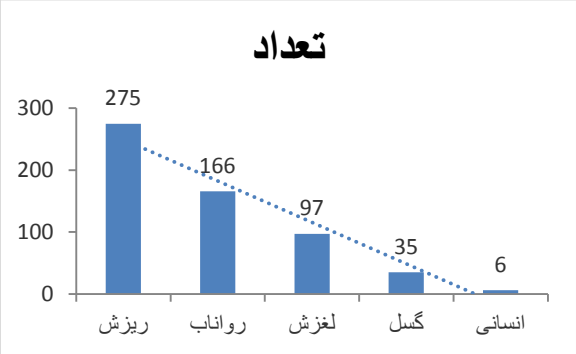
همانطوری‌که در تصویر ۱۲ ملاحظه می‌شود، بیشتر نقاط با رنگ قرمز نشان داده شده و این موضوع بیانگر پرخطر بودن اغلب نقاط با درجه‌بندی نوع ۱ است. ریزش‌ها بیشترین حرکات دامنه-ای مسیر بودند. در شکل ۱۳ نمونه‌ای از ریزش روی‌داده حین برداشت‌های میدانی نشان داده شده است.

شکل۱۳. رخداد ریزش حین بازدیدهای میدانی مسیر جاده هراز- استان مازندران

بیشترین نقاط مخاطره‌ای در طول این محور مربوط به پدیده ریزش است که در تمامی موارد ثبت شده خودنمائی می‌کند. این تعداد نقاط ریزشی در یک مسیر۱۰۰ 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.

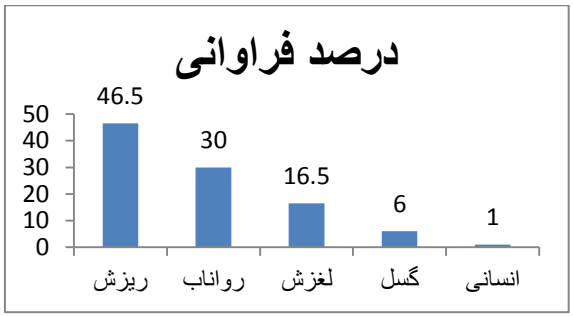
باید متذکر شد موارد مربوط به پدیده لغزش نیاز به بررسی تخصصی‌تر داشته و در این مطالعات، بیشتر با درجه احتمال، ثبت شده است. همچنین در ٦ مورد از نقاط برداشت شده، مخاطرات انسانی وجود داشته که اغلب آن‌ها مربوط به جانمائی نامناسب دکل‌های انتقال برق فشارقوی و ساخت و سازها که با فاصله اندک از محور جاده واقع شده بودند، می‌شود. همچنین در طول مسیر نقاطی که 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 ١٦٦ مورد می‌باشد. موارد مرتبط با تدقیق گسل نیز به تعداد ۳۵ 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.

با توجه به شکل ١٤ و ۱۵ در رابطه با محور هراز، بیشتر مخاطرات از نظر فراوانی به ترتیب مربوط به ریزش، رواناب، لغزش، خطر گسلش و خطرها با منشا انسانی است.



شکل١٤. نمودار فراوانی تعداد پدیده‌های مخاطراتی محور هراز

درصد فراوانی مخاطرات در شکل۱۵ 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.



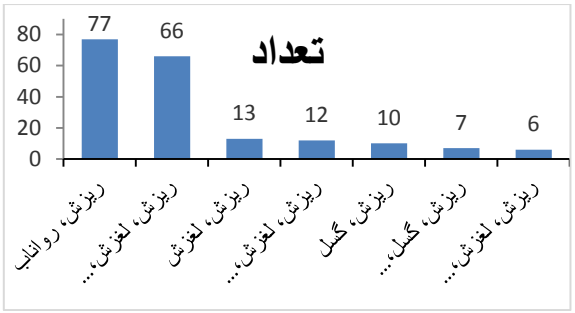
شکل۱۵. درصد فراوانی مخاطرات محور هراز

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 رواناب را در بر می‌گیرد (شکل ١٦). به همین منظور در بازدیدهای میدانی و ثبت نقاط حادثه‌خیز به این مورد مهم نیز توجه شده است.

شکل۱۶. تصویر ماهواره‌ای ریزش، لغزش، رواناب و گسل در نقطه ۱۳۷ محور هراز

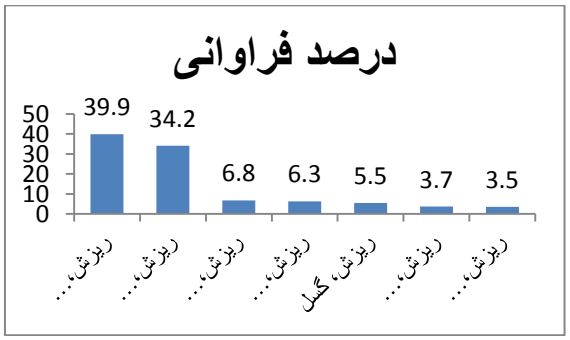
شکل۱۷. وجود پدیده‌های ریزش، لغزش و رواناب در نقطه ۱۳۷ محور هراز

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 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.



شکل۱۸. تعداد نقاطی که پدیده‌های خطرآفرین را به صورت مشترک دارند

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، اختلاف‌دما 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. 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 ضـرورت دارد. شکل ۱۹ درصد فراوانی پدیده‌های مشترک را نمایش می‌دهد.



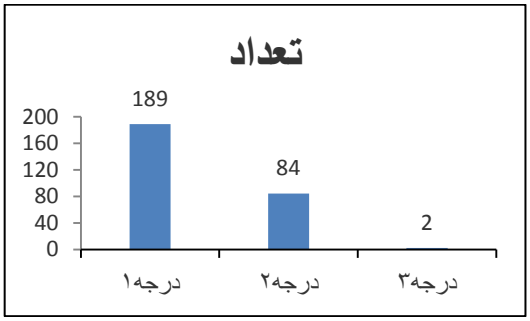
شکل۱۹. درصد فراوانی پدیده‌های مشترک در نقاط حادثه خیز محور هراز

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. 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.

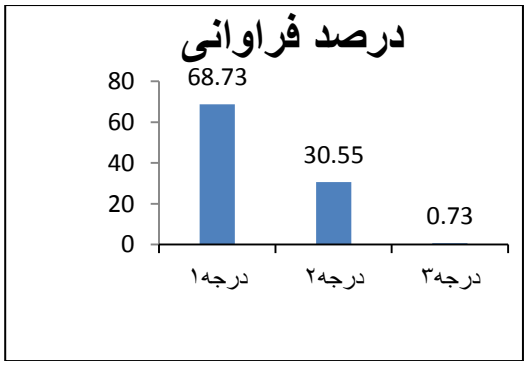
٤- جمع بندی برداشت های میدانی

تعداد نقاط برداشت شده حادثه‌خیز در این محور ۲۷۵ مورد بوده و از این تعداد، ۱۸۹ مورد (٦٨ 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 ٨٤ مورد می‌باشد، از نوع درجه ۲ (خطر 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 صرفه‌جوئی شود.



شکل۲۰. درجه بندی نقاط از نظر آسیب‌پذیری



شکل۲۱. درصد فراوانی درجه آسیب‌پذیری نقاط حادثه خیز

داده‌های حاصل از برداشت‌های میدانی، وزن‌دهی و تبدیل به نقشه گردید. در شکل ۲۲ نقاط حادثه خیز 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.

همانطورکه قبلا نیز ذکر گردید، ملاحظه می‌شود که بیشتر نقاط از نوع درجه یک (با خطر بالا) و با رنگ قرمز جانمائی شده است. یادآور می‌شود تمامی نقاط برداشت شده مخاطره‌آمیز بوده و درجه‌بندی آن‌ها فقط از روی مقایسه یکدیگر و برای اولویت بندی انجام شده است. بنابراین توجه به تمامی نقاط ثبت شده، لازم و ضروری است.

شکل۲۲. درجه بندی نقاط حادثه‌خیز در محور هراز

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 به زون‌های پر خطر محور هراز پرداخته می‌شود.

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

طول این پهنه پرخطر ۲۲ کیلومتر بوده و ٦٥ نقطه حادثه خیز را شامل می‌شود. ایستگاه‌های ٢٤ تا ٨٩ موارد ثبت شده در این پهنه می‌باشند. از این تعداد نقاط تمامی آن‌ها به جز نقاط ٢٦و٣١ 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

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 عرض‌های جنوبی به پوشش مراتعی تغییر می‌یابد. مواد ریزشی بر روی سطوح پرشیب از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت می‌باشند. شکل۲۳ تصویر ماهواره‌ای و شکل ۲٤ تصاویری از این زون را نشان می‌دهد.

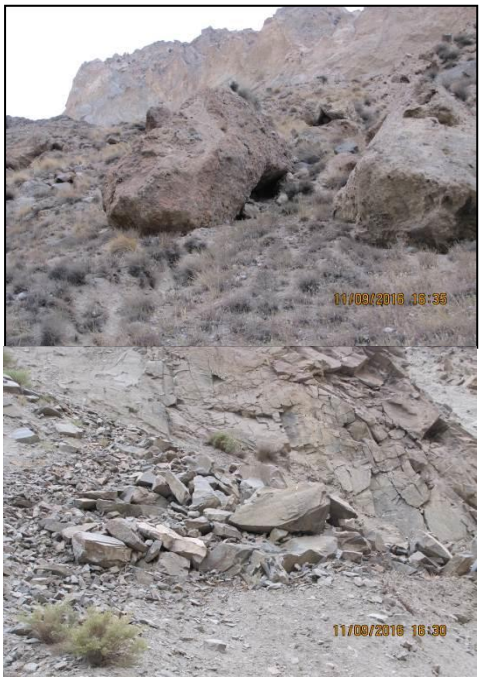
شکل۲۳. زون پرخطر با اولویت اول در محور هراز

شکل۲٤. تصاویری از نقاط حادثه خیز در پهنه خطر با اولویت اول

❖ **اولویت دوم: زون پرخطر حد فاصل بایجان تا گزنک**

نقاط ۹٦ تا ۱۵۷ در مجموع ٦۱ 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 (شکل۲۵). مناطق مسکونی مهم این پهنه بایجان و گزنک می‌باشد. حدودا ۱٦ 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 ٤ کیلومتر می‌باشد که این مورد نیز معنی پرخطر را بیش از پیش در طول محور جاده معرفی می‌کند. سطح منطقه از نظر پوشش گیاهی فقیر بوده و بیشتر مواقع هوازدگی، فرسایش و خردشدگی قابل مشاهده است. شکل ۲٦ تصاویری از نقاط حادثه‌خیز در این پهنه را نشان می‌دهد.

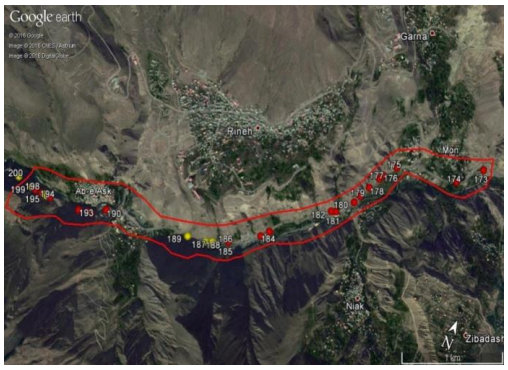
شکل۲۵. زون پرخطر با اولویت دوم محور هراز



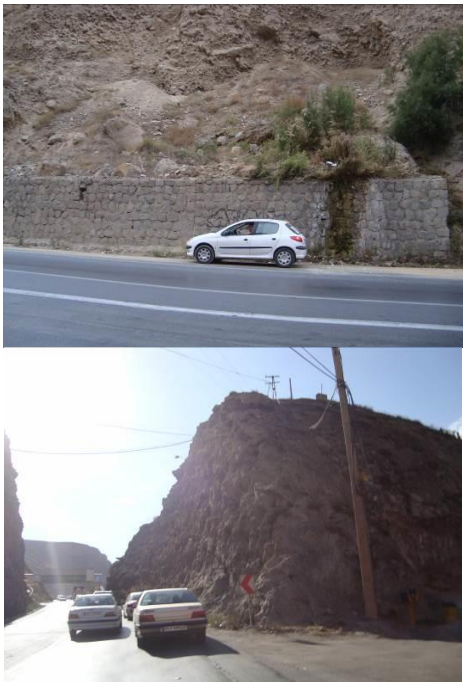
شکل۲٦. نمونه‌ای از موارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده پهنه پرخطر دوم

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

زون پرخطر با اولویت سوم در بین مناطق مسکونی مون تا آب اسک و در پائین‌دست رینه واقع شده است. نقاط ۱۷٤ 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 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.



شکل۲۷. زون پرخطر با اولویت سوم محور هراز

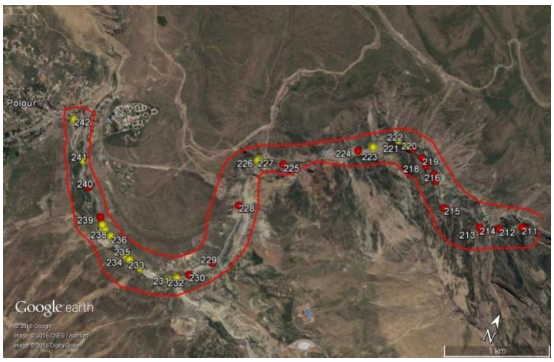


شکل۲۸. نمونه‌ای از موارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده پهنه پر خطر سوم

❖ **اولویت چهارم: زون پرخطر قبل از پلور**

این زون شامل نقاط ۲۱۰ تا ۲٤۲ است و از سمت آمل تا قبل از پلور محدوده زون پرخطر شماره ٤ 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 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.



شکل۲۹. زون پرخطر با اولویت چهارم محور هراز

شکل۳۰. نمونه‌ای از موارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده

پهنه پرخطر چهارم

❖ **اولویت پنجم: زون پرخطر محدوده سیاه‌چال**

پهنه پرخطر محدوده سیاه‌چال با طول ۲ کیلومتر ۱۷ نقطه پرخطر را شامل می‌گردد که ۱۱ مورد آن نوع درجه یک و ٦ مورد دیگر نوع درجه دو می‌باشد. تمامی نقاط ثبت شده در این پهنه را پدیده ریـزش و رواناب تهدید می‌کند. پدیده رواناب 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(شکل‌های۳۱ و ۳۲).

شکل۳۱. زون پرخطر با اولویت پنجم محور هراز

شکل۳۲. نمونه‌ای از موارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده

پهنه پرخطر پنجم

❖ **اولویت ششم: زون پرخطر محدوده پرین**

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. شکل۳۳ تصویر ماهواره‌ای این زون را نمایش می‌دهد. عرض کم محور جاده، تردد بالا، و حادثه خیزی از نوع تصادفات در این پهنه قابل توجه است. پوشش گیاهی از نوع جنگل و با تراکم بالا بوده که جلوه زیبائی نیز به محور جاده داده است. شکل ۳٤ نمونه‌ای از موارد حادثه‌خیز این زون را نشان می‌دهد.

شکل۳۳. زون پرخطر با اولویت ششم محور هراز

شکل۳٤. نمونه‌ای ازموارد حادثه ساز در نقاط ثبت شده پهنه پرخطر ششم

۵- نتیجه‌گیری

پس از بررسی‌ها و توصیف زمین‌شناسی محور از روی نقشه زمین شناسی 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 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 ٥٤ ایستگاه در این جاده در بازدیدهای میدانی مورد مطالعات زمین‌شناسی قرار 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 پرخطربه شرح زیر تعیین گردید:

- **اولویت اول: زون پرخطر حد فاصل علی‌مستان تا کهرود بالا:**

در این پهنه، ٦٥ نقطه حادثه خیز وجود دارد که تمامی آن‌ها بجز نقاط ۲٦و۳۱ 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 پرخطر حد فاصل بایجان تا گزنک**

در این پهنه در مجموع ٦١ 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 پرخطر 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 پرخطر 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 پرخطر محدوده سیاه‌چال**

در این پهنه ۱۷ نقطه پرخطر وجود دارد که ۱۱ مورد آن نوع درجه یک و ٦ مورد دیگر نوع درجه دو می‌باشد. مخاطراتی که در این پهنه مشاهده می شود، ریزش و رواناب می‌باشد.

- **اولویت ششم: زون پرخطر محدوده پرین**

این زون شامل۱۰ نقطه آسیب‌پذیر بوده که هفت مورد آن از نوع یک و سه مورد از نوع دو می‌باشد. بیشتر مشکلات این پهنه 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، ارومیه ای، ع، جورابچی،م، (۱۳۹٤) "بررسی های زمین شناسی مهندسی مسیر آزادراه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی وGIS – مطالعه موردی: آزادراه قزوین – رشت منطقه رودبار"، مجله علوم زمین، سال بیست و چهارم، شماره ۹۵، صفحه ٤۷ -٥٦
- 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. ۱-۱-۸۵
- قاضی پور، ن.، ارومیه ای، ع.، انتظام، ا.، انصاری، ف. و پیروز، م.، (۱۳۸٦)، "استفاده از نظریه مخروط افت در ارزیابی خطر سنگ ریزش در مسیر جاده چالوس (پل زنوله- مرزن آباد)"، نشریه علوم زمین، سال هفدهم، شماره ٦٦، صفحات ۱٦۹-۱٦۰
- جعفرخانلو، م، ارومیه‌ای، م، خامه چیان، م،(۱۳۸٤)، "پهنه-بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده جاده چالوس(حدفاصل کرج-گچسر)، چهارمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران
- بهبهانی، ح، صالحی، س، (۱۳۷۸)، "روش‌های ایمن‌سازی جاده‌ها در مقابل یخ و برف مناسب برای ایران"، مجله جاده، شماره٤٥،صفحان۷٥-۸٥
- فلاح‌تبار، ن، (۱۳۷۹)، "تاثیر برخی عوامل جغرافیایی بر شبکه راه‌های کشور"، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸، صفحات٤٥-٥٥
- افشاری آزاد، م، پورکی، ه، (۱۳۹۰)، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال۱٦ ، شماره٤۲، زمستان۹۱ صفحات۲۳-٤٤
- شایان،س، قلیچی،ع، یمانی، م، (۱۳۹٦)، " ارزیابی مخاطرات محیطی و مورفوژنز فعال در جاده کرج-چالوس(تا تونل کندوان)"، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره۲۲ تابستان۱۳۹٦
- رجائی،ع، (۱۳۸۲)،" کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط". انتشارات قومس. صص ۲۹۵-۳٤۳.
- بلادپس، ع، (۱۳۸٦) ، " عوامل مورفوژنزو تهدیدکننده جاده‌ها" طرح تحقیقاتی، دانشگاه آزاد اسلامی.
- بلادپس، ع، (۱۳۸۲)، "تحلیلی بر ژئومورفولوژی جریان‌های واریزه‌ای مناطق ماکو"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شمارهٔ ٦۸، صفحات ۱۱٤-۱۲۷
- بی‌نام (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 سنندج– مریوان"، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- جعفر خانلو، م، (۱۳۸٦)، "پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده جاده چالوس(حدفاصل محور کرج- گچسر)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس.
- جعفرخانلو، م، ارومیه‌ای، ع. خامه‌چیان، م.،(۱۳۸۹)، "پهنه-بندی خطرناپایداری دامنه‌ها درمحدوده جاده چالوس به کمک GIS حدفاصل کرج ـ گچسر، فصلنامه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی شماره۲. درویش زاده، ف.،۱۳۷۰، زمین‌شناسی ایران، نشردانش‌آموز، تهران، ۹۰۱ صفحه.
- کرم، الف،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، کریمی، جبار(۱۳۸۸)،" پهنه‌بندی خطر بهمن در جاده هراز براساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی"، دکتر عزتاله قنواتی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۹ ،شماره ۱۲ ،بهار ۱۳۸۸
- 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 ۱۳۷۸،صفحه ۹۸-۱۰۳
- غیومیان، ج.، فاطمی عقدا، س. م.، اشقلی فراهانی، ع. و تشنه لب، م.،(۱۳۸۱)،" پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از تصمیم‌گیری چند مشخصه فازی- مطالعه موردی منطقه رودبار گیلان"، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ٥٦، صفحات -۸۱-٦۷
- Pardeshi, S.D and Pardeshi, S.S (2013),
- "Landslide hazard assessment: recent trends and techniques". Springer plus 2, 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, 305-313.
- Koide, H (1955),"Landslides in Japan – Prediction and Prevention",Toyo Keizai, Inc., page no. 259.
- OECD (1973),"Optimization of Road Alignment by the Use of Computers".Paris
- Jones, D.K.C., Brunsden, 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.
- Forman, R.T.T (2008),"Urban Regions, Ecology and Planning Beyond the City". New York: Cambridge University Press.
- Cova,T.J.,&Conger,S.(2004),"Transportatio n 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), 2-9
- 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, 431-438.
- 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, 24-27.
-