

آثار ژئومورفیکی عملیات راهسازی در مناطق حساس ژئومورفولوژیک (مطالعه موردی: راه روستایی ارلان در شمال غرب ایران)

داود مختاری، دانشیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشگاه تبریز^۱

چکیده

راه روستای ارلان (از توابع شهرستان مرند در آذربایجان شرقی در شمال غرب ایران)، جاده‌ای خاکی به طول ۱۰/۷ کیلومتر است که عملیات تعریض و مرمت آن از سال ۸۵ آغاز شده است. بی توجهی به ملاحظات ژئومورفولوژیک منطقه در اجرای این عملیات، موجب فعال شدن برخی فرایندهای ژئومورفولوژیک در برخی از قسمت‌های مسیر راه شده است. در این مقاله، علاوه بر بررسی و تحلیل وضعیت ژئومورفولوژیک مسیر راه ارلان، سعی شده است تا نقش این گونه عملیات در تغییر چشم اندازها تحلیل شده و بخشی از نتایج تصمیم‌گیری‌هایی که بدون توجه به مسایل ژئومورفیکی صورت می‌گیرد، بررسی و مطالعه گردید. روش مطالعه در این پژوهش مبتنی بر مشاهدات میدانی بوده، برای تکمیل و تفسیر این مشاهدات از نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، عکس‌های هوایی و ادبیات موضوع کمک گرفته شده است. بر اساس نتایج این پژوهش، راه روستایی ارلان در مسیر خود از چهار واحد ژئومورفولوژیک مستقل با فرایندهای خاص عبور می‌کند: ۱- مخروط افکنه (سیلاب‌ها و جریانهای آواری (Debris flows)؛ ۲- میوسن قرمز (فرسایش آبکندی و زمین لغزش)؛ ۳- دره طوق مانند (افتان‌های سنگی، زمین لغزش و ریزش) و ۴) فلات مرتفع (روان شدگی و زمین لغزش). وجود پوششی از نهشته‌های آواری و آبرفتی کواترنری بر روی رسوبات میوسن در سه واحد عمده ژئومورفولوژیک اخیر، نقش عمده‌ای در پایداری دامنه‌های اطراف کوه گچی قلعه‌سی ایفا می‌کند، ولی از بین رفتن این پوشش‌ها در اثر مرمت‌های اخیر راه ارلان و تظاهر رسوبات مارنی میوسن و استقرار راه بر روی این رسوبات، موجبات تشدید فعالیت فرایندهای ژئومورفیک از قبیل حرکات توده‌ای (زمین لغزش، ریزش، روان‌گرایی) و

فرسایش شیاری و آب‌کندی فراهم نموده است؛ پدیده‌ای که با در نظر گرفتن ملاحظات ژئومورفیکی منطقه امکان کاستن از شدت آن وجود داشت و بی توجهی به تأثیرات بعدی آن می‌تواند ما را به همان پارادایمی که از طریق قطع جنگل‌ها یا فعالیت‌های نابجای کشاورزی و دامداری دچار شدیم، گرفتار کند.

واژه‌های کلیدی: مناطق حساس ژئومورفولوژیک، عملیات راهسازی، راه‌های روستایی، روستای ارلان، شمال غرب ایران

مقدمه

هدف طراحی سیستم‌های حمل و نقل، جابه‌جایی سالم، راحت و اقتصادی مردم از جایی به جای دیگر است. علی‌رغم وجود چنین هدف عالی، مخاطرات محیطی مختلفی وجود دارند که در مقیاس‌های زمانی و مکانی متفاوت، سیستم‌های فوق را تخریب و یا به آنها آسیب وارد می‌کنند. با وجود تهدید سیستم‌های حمل و نقل به وسیله مخاطرات محیطی، این سیستم‌ها خود نیز در مواردی در ایجاد مخاطرات محیطی دخیل هستند (Cova and Conger, 2004). لذا، توجه به تحولات ژئومورفیکی چنین مسیرهایی پس از احداث راه‌ها نیز امری ضروری است (Jones and et al., 1983; Brunnsden and et al., 1975). از سوی دیگر، تحلیل دقیق مخاطرات ژئوتکنیکی و ملاحظات ژئومورفیکی برای کاهش هر چه بیشتر ناپایداری دامنه‌ای و آثار آنها، اساس ارزیابی صحیح خطر به حساب می‌آید (Ashby, 2002). جاده‌ها از بخش‌های مهم چشم اندازه‌ها و یکی از مظاهر تخریب انسانی آنها نیز محسوب می‌شوند (Shi et al., 2008: 305) و آثار محیطی مستقیمی بر کیفیت آب‌ها، فرسایش و پایداری دامنه‌ها، و زندگی جانوری و گیاهی دارند (Ziegler and Giambelluca, 1997; Minten and Kyle, 1999;

Motha et al., 2004; Tang et al., 2006; Costa and Bacellar, 2007) و با افزایش امکان دسترسی به طور غیر مستقیم، موجب اضمحلال چشم‌اندازها می‌شوند (Arnaez et al., 2004; Morschel et al., 2004). مطالعات در مناطق معتدل نشان داده است که اثر دستکاری‌های انسان در ارتباط با جاده‌ها، بیش از اثر فعالیت‌های عمرانی دیگر انسان است (Gibbons and Salo, 1973; Ziegler et al., 2004: 147).

مطرح شدن جاده‌ها به عنوان منبع فرسایش تسریعی و ایجاد کننده رواناب‌های سریع (Montgomery, 1995: 858; Ziegler and Giambelluca., 1997: 204; Ziegler et al., 2004: 155; Rijdsdijk et al., 2007: 34) و یکی از عوامل بسیار مؤثر در افزایش زمین‌لغزش‌ها بویژه در مناطق فعال تکتونیکی (Keefer, 1984; Owen et al., 1996; Barnard et al., 2001:34; Owen et al., 2008: 8) به سال‌های دور بر می‌گردد. پیشینه انجام پژوهش‌هایی در مورد تبیین روابط متقابل عوامل ژئومورفولوژیک و فعالیت‌های جاده سازی در ایران و جهان، نشان دهنده اهمیت موضوع از یک سو و جایگاه این گونه مطالعات در فعالیت‌های مهندسی از سوی دیگر است. با این حال، توجه به این روابط در راه‌های روستایی مناطق کوهستانی حساس به فرایندهای ژئومورفولوژیک مثل راه

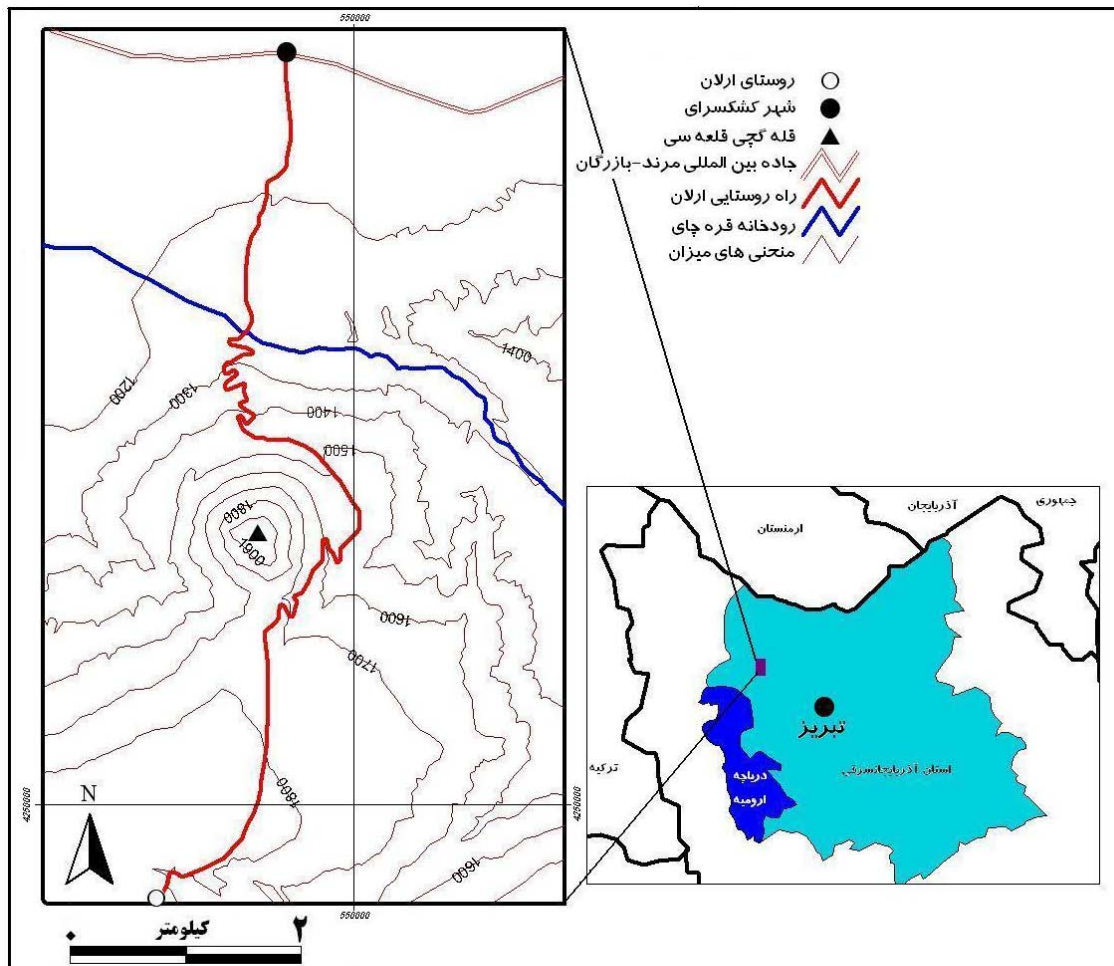
مسیر راه روستایی ارلان (شکل ۱) از جمله این موارد است که در این پژوهش به بررسی مسایل ژئومورفولوژیکی فعال در مسیر آن پرداخته می‌شود. این مسیر از روی دامنه‌هایی با ویژگی‌های خاص که ریشه در تکامل مورفودینامیکی آن در زمان‌های گذشته دارد، عبور می‌کند. حساسیت این دامنه‌ها با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی و هیدرولوژیکی آن، عبور این راه از روی سازندهای زمین‌شناسی منطقه را تحت‌الشعاع قرار داده است. قصد ما در این جا بحث در مورد نقش جاده‌ها در تغییر چشم انداز نیست، بلکه می‌خواهیم نتایج تصمیم‌گیری‌هایی را که بدون توجه به مسایل ژئومورفیک صورت می‌گیرند را بررسی کنیم. امید است یافته‌های این پژوهش بتواند با طرح نظرات جدید، زمینه به کارگیری اصول علمی در نواحی حساس مثل منطقه مورد مطالعه را فراهم نماید.

منطقه مورد مطالعه

در بررسی عکس‌های هوایی دهه ۴۰ شمسی، منطقه مورد مطالعه به جای راه فعلی روستای ارلان (شکل ۱) راه مالرویی دیده می‌شود که به همراه دو راه مالروی دیگر مورد استفاده ساکنان روستای ارلان بوده و ارتباط این روستا را با دشت کشکسرای برقرار می‌کرده‌اند. در آن زمان، هریک از این راه‌ها برای منظورهای مختلف مورد استفاده بودند، ولی نکته جالب این است که به گفته اهالی محلی در بین این سه مسیر مالرو، راهی که امروزه راه روستایی ارلان مسیر آن را دنبال می‌کند، از اهمیت کمتری نسبت به دو مورد دیگر برخوردار بوده است و بیشتر به

ارلان، از جمله نکات مورد تأکید این پژوهش است. ویژگی‌های خاص توپوگرافی، لیتولوژی و ژئومورفولوژیک منطقه مورد مطالعه، زمینه ایجاد چشم انداز حساسی را فراهم آورده است که هر گونه دستکاری در آن، مستلزم شناسایی این ویژگی‌ها و نحوه تعامل با آنهاست. مسایل پیش آمده در اثر راهسازی و ایجاد سازه‌های مهندسی بر روی دامنه‌های تند و ناپایدار سرزمین‌های مرتفع شمال غرب ایران و ارتباط آن با تغییرات ژئومورفولوژیک بعدی، از جمله موضوعات مورد علاقه محققان در سال‌های اخیر بوده است. پیشینه طرح چنین موضوعی از طرف مجری طرح به مطالعات انجام شده در امتداد جاده تبریز- مرند (مختاری، ۱۳۸۱ الف و ۱۳۸۴) و زمین لغزش جاده نیر- سراب (مختاری، ۱۳۸۵) بر می‌گردد که نتایج به دست آمده نشان دهنده اثر پذیری جاده‌ها از عوامل ژئومورفولوژیک و همچنین، نقش جاده‌ها و عملیات عمرانی مرتبط با آنها در افزایش مخاطرات ژئومورفولوژیک است. در مطالعات دیگری نیز متخصصان ژئومورفولوژی، به تبیین روابط متقابل عوامل ژئومورفولوژیک و فعالیت‌های جاده سازی در قسمت‌های مختلف کشورمان پرداخته‌اند (حسینی، ۱۳۷۳؛ باقری، ۱۳۷۸؛ غیومیان و همکاران، ۱۳۷۹؛ فیض نیا و همکاران، ۱۳۸۳؛ غلامی، ۱۳۸۳؛ جعفرخانلو، ۱۳۸۴؛ باقدم و همکاران، ۱۳۸۴؛ مقیمی، ۱۳۸۴؛ صفارزاده و اسدمارج، ۱۳۸۵؛ کوشکی، ۱۳۸۵؛ شیرزادی، ۱۳۸۶؛ کلارستاقی و همکاران، ۱۳۸۶؛ کرمی و رستم زاده، ۱۳۸۶).

منظور دسترسی به چراگاه‌های اطراف کوه گچی قلعه‌سی استفاده می‌شد.



شکل شماره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان و ویژگی‌های کلی آن

محدودیت‌های آن به عنوان بهترین مسیر برای احداث راه روستایی در نظر گرفته شده و در دهه پنجاه شمسی مقدمات احداث آن فراهم گردید و در سال‌های بعد مورد مرمت قرار گرفت، ولی در سال ۱۳۸۶ طرح مرمت و تعریض اساسی راه روستایی ارلان به مرحله اجرا در آمد

گرچه راه‌های دیگر نیز به دلیل شیب زیاد دامنه‌ها، ناپایداری آنها و طغیان رودخانه‌ها محدودیت‌هایی را ایجاد می‌کردند، ولی عبور راه فعلی از واحدهای مختلف و حساس ژئومورفولوژیک، مردم را به استفاده از راه‌های مجاور ترغیب می‌کرد. در هر صورت این مسیر با همه

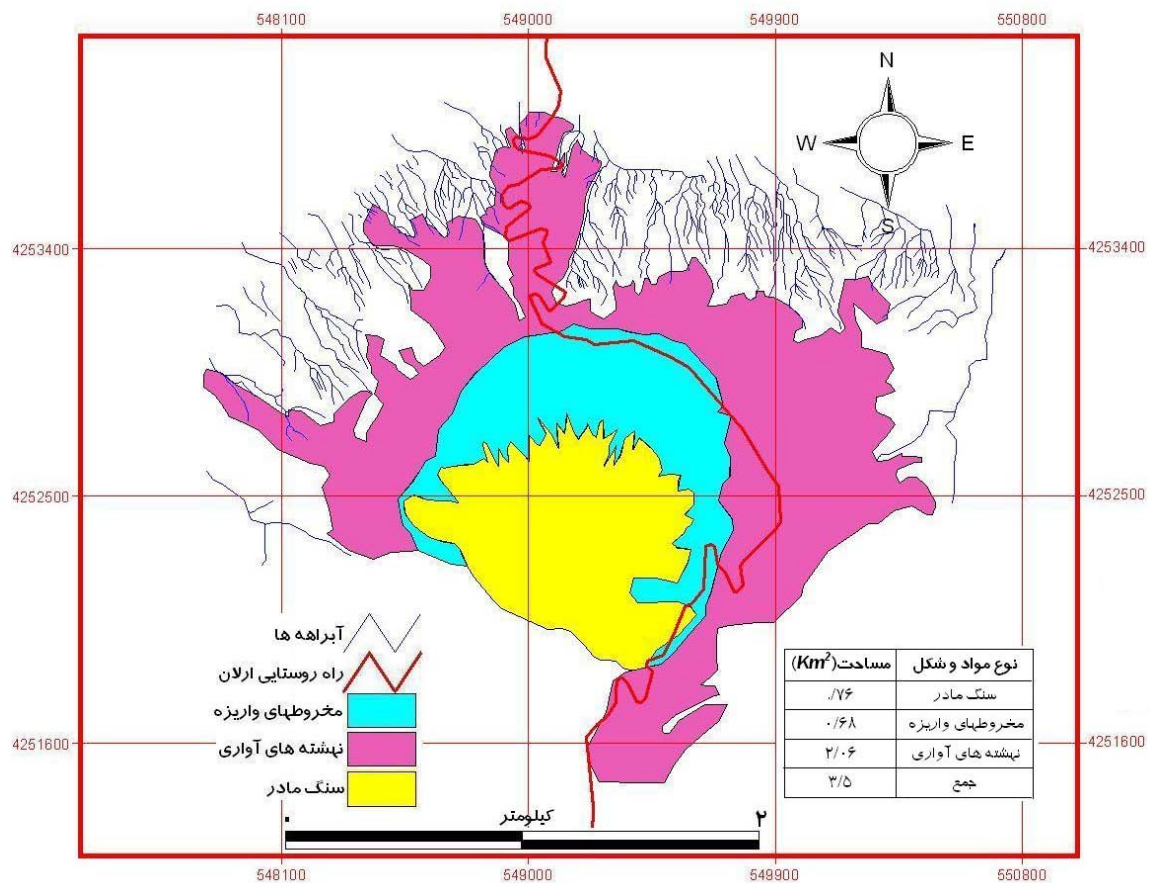
سیمای ژئومورفیک محدوده مورد مطالعه بشدت از سه عامل وجود کوه گچی قلعه‌سی و ویژگی‌های خاص آن، اختلاف لیتولوژی بین سازندهای موجود، و اقلیم کوآترنری و تغییرات آن تأثیر پذیرفته است.

سنگ‌های آذرین سازنده کوه‌گچی قلعه‌سی، رسوبات میوسن و سازندهای سطحی سه طبقه اصلی لیتولوژیکی منطقه را تشکیل می‌دهند که نقش هر کدام از آنها در شکل دهی سیمای چشم‌انداز منطقه متأثر از تاریخچه تکاملی آنها و واکنشی است که هر کدام نسبت به آثار هر کدام از عوامل آب و هوا، فعالیت زیست‌شناختی و فرآیندهای زمین‌شناختی (Nesje, 1996: 37) در طول زمان نشان داده‌اند. اختلاف مقاومت زیاد سنگ‌های تشکیل دهنده کوه گچی قلعه‌سی با سازندهای دیگر خود، مهمترین عامل در حفظ چشم‌انداز فلات مانند این بخش از دامنه شمالی میشوداغ است (خیام و مختاری، ۱۳۸۰). نقش این کوه را نمی‌توان در تدارک نهشته‌های آواری که به صورت یک لایه پوششی، رسوبات نامقاوم میوسن را از قرار گرفتن در معرض هوازدهی و فرآیندهای هیدرولوژیک آب‌های سطحی محافظت می‌نمایند، نادیده گرفت؛ چه، با فاصله گرفتن از دامنه‌های استوک گچی قلعه‌سی و افزایش آسیب‌های وارده به لایه آواری پوششی در اثر فرآیندهایی از نوع فرسایش‌های شیاری، آب‌کندی، قهقرایی رودخانه‌های کوچک محلی و وقوع حرکات توده‌ای شاهد افزایش ضریب تراکم زهکشی و افزایش ناپایداری‌های دامنه‌ای هستیم (شکل ۲).

که به نظر می‌رسد بدون توجه به ملاحظات ژئومورفولوژیک منطقه صورت گرفته است و موجب فعال شدن بسیاری از فرایندهای ژئومورفولوژیک در منطقه گردیده است.

منطقه مورد مطالعه، بخشی از دامنه شمالی رشته کوهستانی میشوداغ در شهرستان مرند و در نزدیکی شهر کشکسرای ($38^{\circ}27'N$ ، $45^{\circ}34'E$) است که حدود ۸۰ کیلومتر با مرکز استان آذربایجان شرقی (شهر تبریز) فاصله دارد (شکل ۱). موضوع این پژوهش، در واقع مسیر جاده ارتباطی روستای ارلان و شهر کشکسرای به فاصله ۱۰/۷ کیلومتر است. این جاده، در طول مسیر خود از واحدهای مختلف توپوگرافیکی و ژئومورفولوژیک عبور می‌کند.

برونزد رخساره‌های مختلفی از رسوبات میوسن زیرین و میانی در محدوده مورد مطالعه به همراه ویژگی‌های خاص این رسوبات در شمال غرب ایران، شرایط خاصی را از نظر ژئومورفیک ایجاد کرده است. این رسوبات در محدوده مورد مطالعه به دو نوع و در دو واحد دیده می‌شوند که لیتولوژی نوع اول آن مارنی و شیلی به رنگ خاکستری و قرمز، با میانلایه‌هایی ماسه‌سنگی و ماسه‌آهکی گچ‌دار و نمک‌دار است و ستبرای آن به ۱۲۰۰ متر می‌رسد (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۳). لیتولوژی نوع دوم رسوبات میوسن متشکل از مارن قرمز، کنگلومرا، ماسه سنگ همراه با گچ است که ستبرای آن تا ۱۰۰ متر می‌رسد (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۳).



شکل شماره ۲ موقعیت نهبشته‌های کوترنری مرتبط با کوه گچی قلعه‌سی و موقعیت راه روستایی ارلان نسبت به آن

مواد و روش

با توجه به نقش یافته‌های ژئومورفولوژی در تحقیقات مربوط به پروژه‌های مهندسی، از قبیل راهسازی، شناسایی ویژگی‌های ژئومورفولوژیک مسیر راه روستایی ارلان که می‌تواند به عنوان زمینه ساز بهره برداری بهینه از امکانات محیط طبیعی تلقی شوند، از طریق مشاهدات میدانی در اولویت قرار گرفت. در کنار اطلاعات به‌دست آمده از مطالعات میدانی، داده‌های توپوگرافی از نقشه توپوگرافی ۲۵۰۰۰: ۱کشکسرای، داده‌های زمین‌شناسی از نقشه

زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰: امرند، و برخی ویژگی‌های مورفولوژیک بزرگ مقیاس از عکس‌های هوایی ۲۰۰۰۰: ۱ سال ۱۳۴۵ و ۴۰۰۰۰: ۱ سال ۱۳۷۵ استخراج شده است. مسیر راه ارلان (شکل ۱) بر اساس نقشه ۲۵۰۰۰: ۱ توپوگرافی که از روی عکس‌های هوایی ۴۰۰۰۰: ۱ سال ۱۳۷۵ تهیه گردیده، ترسیم شده است. مشخصات فنی راه روستایی ارلان از اداره راه و ترابری شهرستان مرند تهیه گردید.



شکل شماره ۳ فلوجارت و مراحل تحقیق

ژئومورفیک با استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS)، از نوع گارمین (Garmin) تعیین و به روی نقشه های تهیه شده منتقل شده است. تصاویر و اطلاعات این گزارش عمدتاً مربوط به نیمه اول سال ۱۳۸۷؛ یعنی حدود یک سال بعد از بهره برداری از راه ارلان پس از تعریض و مرمت آن است.

واحدهای ژئومورفولوژیک مسیر راه روستایی ارلان

راه روستایی ارلان در طول مسیر خود به طور مشخص از چهار واحد ژئومورفولوژیک به نام های مخروط افکنه (سیلاب ها و جریان های آواری (Debris flows))، میوسن قرمز (فرسایش آبکندی و زمین لغزش)، دره طوق مانند (افتان های سنگی، زمین لغزش و ریزش) و فلات مرتفع

چنان که در بالا نیز ذکر شد، اساس این پژوهش بر کارهای میدانی استوار است. با عنایت به نبود اطلاعات و پیشینه لازم در مورد منطقه مورد مطالعه، این قسمت از کار، یکی از مهمترین مقاطع این پژوهش به حساب می آید که در نهایت، به تهیه نقشه واحدهای عمده ژئومورفولوژی مسیر راه مورد نظر انجامید (شکل ۴). در تفکیک مسیر راه در هر کدام از این واحدها، عواملی مثل ویژگی های توپوگرافی، لیتولوژی و فرایندهای ژئومورفیک فعال دخالت داده شده است (جدول ۱) و نقشه های تهیه شده تماماً بر اساس داده های نقشه ها و تفسیر داده های مشاهداتی^۱ بوده و در تهیه آنها از نرم افزارهای GIS مثل Arc و Elwis و view استفاده شده است. محل وقوع برخی پدیده های

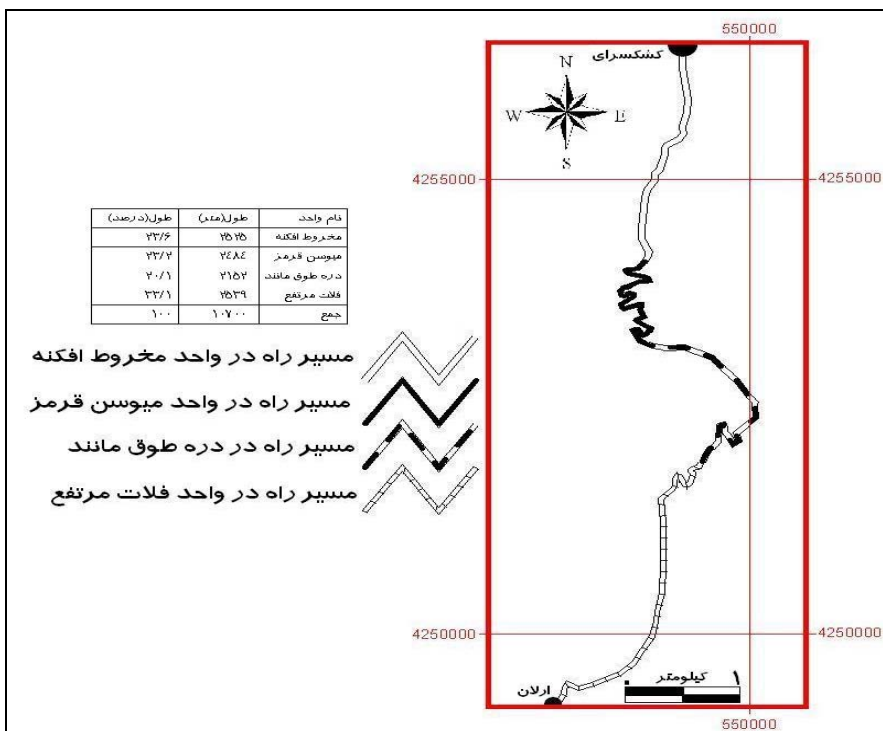
1 - Visual interpretive technique (Shi et al., 2008)

طوق مانند بر روی رسوبات میوسن قرمز(مارن قرمز، کنگلومرا، ماسه سنگ همراه با گچ) قرار داده است. در مجموع، راه ارلان از مسیری مخاطره آمیز عبور می‌کند و بررسی‌های دقیق حاکی از آن است که مسیر راه ارلان در اثر مرمت‌های اخیر، از یک فاز نسبتاً مطمئن از نظر آسیب پذیری به یک فاز آزمایش و خطا وارد شده است که احتمالاً جابه‌جایی‌ها و مرمت‌های مداوم در سال‌های بعد را طلب خواهد کرد.

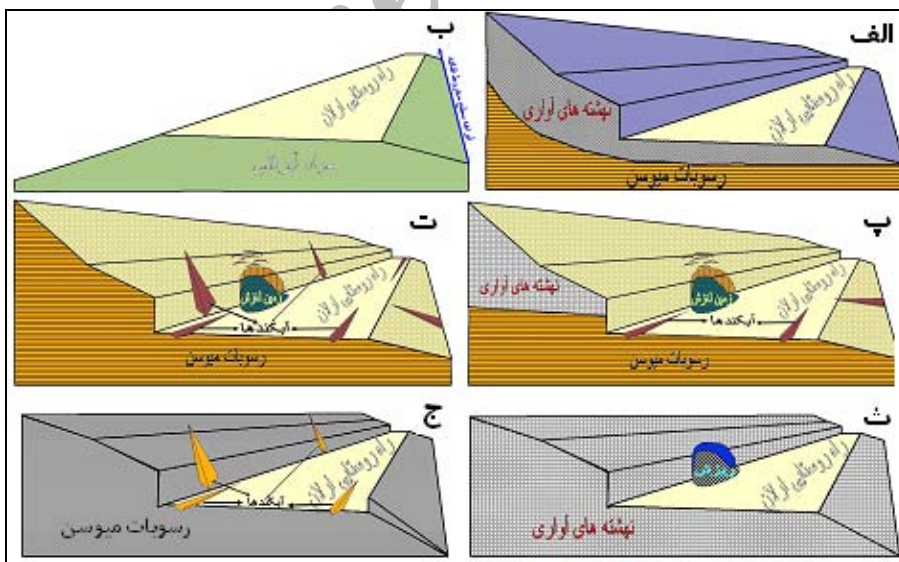
(روان گرایی و زمین لغزش) که هر کدام ویژگی‌های خاص خودشان را دارند، عبور می‌کند. گرچه ویژگی‌های لیتولوژیک سنگ‌های مسیر یک جاده از اهمیت فوق‌العاده‌ای در مسیر گزینی آن دارد (Jones et al., 1983: 339)، با این حال، مطالعه مسیر راه روستایی ارلان نشان می‌دهد که قسمت اعظم مسیر جاده از روی نهشته‌های کواترنری عبور می‌کند(شکل ۵). تنها در واحد فلات است که بخشی از راه بر روی رسوبات میوسن(مارن به رنگ خاکستری و سبز) قرار گرفته است و مرمت‌های اخیر کف راه روستایی را در بخش‌هایی از واحد میوسن قرمز و دره

جدول شماره ۱ مشخصات کلی واحدهای ژئومورفیک مسیر راه ارلان

ویژگی نام واحد	محدوده ارتفاعی	میزان شیب (%)	میزان شیب متوسط راه ارلان (%)	لیتولوژی	فرایندهای فعال
مخروط افکنه	۱۱۶۰-۱۲۴۰	۳/۲	۳/۲	آبرفت‌های جوان	سیلاب‌ها و جریان‌های آواری (Debris flows)
میوسن قرمز	۱۲۴۰-۱۴۵۰	۲۴/۷	۹/۹	تناوبی از مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا، نهشته‌های آواری	حرکات توده‌ای مرطوب، فرسایش آبکندی
دره طوق مانند	۱۴۵۰-۱۷۴۰	۱۱/۶	۱۱/۲	تناوبی از مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا، نهشته‌های آواری و مخروط‌های واریزه	ریزش‌ها و افتان‌های سنگی، فرسایش آبکندی و حرکات توده‌ای مرطوب
فلات مرتفع	۱۷۴۰-۱۸۲۰	۳	۲/۲۵	مارن و شیل به رنگ خاکستری و قرمز، با میانلایه‌هایی ماسه سنگی و ماسه آهکی گچ دار و نمک‌دار، پوشش نازکی از نهشته‌های آبرفتی کواترنری	آبگرفتگی، فرسایش آبکندی و حرکات توده‌ای مرطوب



شکل شماره ۴ مسیر راه روستایی ارلان و عبور آن از واحدهای مختلف ژئومورفولوژیک



شکل شماره ۵ شکل شماتیکی از وضعیت راه ارلان بر روی سازندهای مسیری: الف) در واحد میوسن قرمز (قبل از مرمت)، ب) بر روی مخروط افکنه کشکسرای؛ پ و ت) در واحد میوسن قرمز (بعد از مرمت)، ث) بر روی نهشته‌های سطحی اطراف کوه گچی قلعه‌سی؛ و ج) بر روی واحد فلات مرتفع.

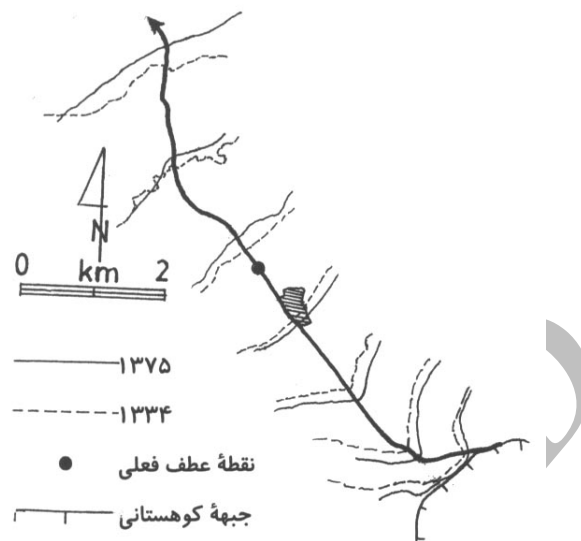
وصف هنوز هم این بخش از مخروطافکنه ویژگی‌های بخش‌های فعال مخروطافکنه‌ها، از جمله قرار گرفتن در معرض فعالیت فرایندهای اولیه^۱ (Blair and McPherson, 1994) را دارد. گرچه راه ارلان در ۱/۲۲ کیلومتر خود از طرف کشکسرای، یکی از آبراهه‌های اصلی قسمت فعال مخروط افکنه را قطع می‌کند و این آبراهه که در شکل ۶ نسبت به سایر آبراهه‌ها پرتنگ ترسیم شده است، مهمترین تهدید از نظر عمل آب‌های سطحی به شمار می‌آید. با وجود این، با عنایت به جهت شمالی جنوبی راه در سطح مخروطافکنه که تقریباً موازی با امتداد طولی مخروط افکنه است، عمل آب‌های سطحی و جریان‌های آواری بر روی آن در وضعیت فعلی به حداقل می‌رسد، ولی از سوی دیگر، با احداث سد انحرافی، جریان رودخانه قره‌چای به آبراهه‌ای ۱۲۵ متری در امتداد راه ارلان متمرکز شده است که آسیب پذیری راه اردلان را که عمود بر هم هستند، به حداکثر می‌رساند. در سال‌های گذشته سعی شده است با احداث پل‌هایی از وارد آمدن آسیب به راه روستایی جلوگیری شود، ولی شدت سیلاب‌ها به تخریب این سازه‌ها انجامیده است. در اثنای مرمت راه ارلان در سال ۱۳۸۶، پلی هجده دهنه بر روی رودخانه احداث گردید، ولی به نظر می‌رسد با توجه به دبی بالای

ترانشه‌های ایجاد شده در مسیر جاده به غیر از محل ورود از واحد میوسن قرمز به واحد دره طوق مانند و بخش‌هایی از واحد فلات، در یک طرف راه قرار دارند (شکل ۵) و همین عامل زمینه آسیب پذیری جاده در دو سوی آن را از طرف فرایندهای مختلف فراهم آورده است؛ به طوری که از یک طرف راه، خطر حرکات توده‌ای و از طرف دیگر آن، خطراتی مثل زیر کنی راه و فرسایش آبکندی آن را تهدید می‌کند.

واحد مخروطافکنه

مخروط افکنه کشکسرای، به عنوان بزرگترین مخروطافکنه دامنه شمالی میشوداغ، از جمله مخروط افکنه‌هایی است که قسمت فعال و جوان آن در بالادست مخروط افکنه قرار دارد (شکل ۶). چنین حالتی نتیجه بالآمدگی کوهستان و به دنبال آن افزایش و به عمق رفتن بستر رودخانه‌ها در ناحیه کوهستانی، و در نهایت، انباشت مواد در قسمت رأس مخروطافکنه است (مختاری، ۱۳۸۱). راه روستایی ارلان در مسیر خود طول مخروطافکنه کشکسرای را در بخش بالادست و میانی آن طی می‌کند. بخش میانی مخروطافکنه کشکسرای در امتداد راه به وسیله باغ‌ها و مناطق مسکونی شهر کشکسرای اشغال شده است و بخش بالادست مخروطافکنه که زمانی قبل از احداث سد انحرافی بر روی رودخانه قره‌چای از دینامیک بسیار بالایی برخوردار بود، امروزه به صورت زمین‌های زراعی در آمده است. با این که با احداث سد انحرافی تا حدی از دینامیک و فعالیت عوامل مورفونیک از جمله عمل آب‌های جاری کاسته شده است ولی با این

۱- فرایندهای اولیه، فرایندهایی هستند که به صورت فعال حمل عناصر و مواد را از حوضه آبریز به مخروطافکنه بر عهده دارند و به صورت کاتاستروفیک و نادر اتفاق می‌افتند. مهمترین این فرایندها نیز ریزش‌ها، لغزش‌های سنگی، بهم‌ن‌های سنگی، لغزش‌های کولوویالی، روانه‌های خرده سنگی و جریان‌های سیلابی هستند (Blair and McPherson, 2004).



شکل شماره ۷ مقایسه شکل و موقعیت منحنی‌های میزان در طول مسیر آبراهه بین مخروطافکنه‌ای بین سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۷۵

واحد میوسن قرمز

این واحد را باید حساسترین و فعالترین واحد ژئومورفیک مسیر راه ارلان دانست که عوامل زیر در آن سهیم هستند: ۱- ماهیت رسوبات قرمز رنگ میوسن (تناوبی از مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا) با مقاومت کم و حساسیت آنها در برابر عمل آب‌های سطحی؛ ۲- پراکندگی نهشته‌های آواری به صورت پوششی بر روی رسوبات میوسن.

چنان‌که در بالا ذکر گردید، نهشته‌های آواری کواترنری مانند محافظ برای رسوبات میوسن در مقابل عمل آب‌های سطحی رفتار می‌کنند. البته نفوذپذیری زیاد نهشته‌های آواری و نقشی را که در گذشته در تکامل ژئومورفولوژیک منطقه داشته است، نباید نادیده گرفت. نهشته‌های آواری فعلی موجود در روی دامنه مشرف به رودخانه قره‌چای در واقع باقی مانده گستره بزرگی از این نهشته‌ها هستند که

تقریباً در تمام سطح دامنه وجود داشته‌اند. وجود آواری از این نهشته‌ها در کف دره‌های ناحیه مزبور نشان می‌دهد که زمان زیادی از تخلیه آنها از سطح رسوبات میوسن نمی‌گذرد.

راه روستایی ارلان بر روی بخشی از همین باقی مانده نهشته‌های آواری جای گزیده است. دلیل استمرار وجود این نهشته‌ها در محل مسیر جاده چیزی جز ضخامت زیاد این نهشته‌ها نیست. این بخش را باید پایدارترین بخش این واحد به شمار آورد و جایگزینی راه ارلان بر روی این قسمت قطعاً یا از روی تدبیر و یا ناچاراً بوده است. نهشته‌های آواری فوق‌الذکر در واقع بر روی توپوگرافی قبل از به جا گذاری این نهشته‌ها استقرار یافته‌اند، بنابراین، وجود تغییراتی در ضخامت آنها در قسمت‌های مختلف سطح دامنه عادی است.

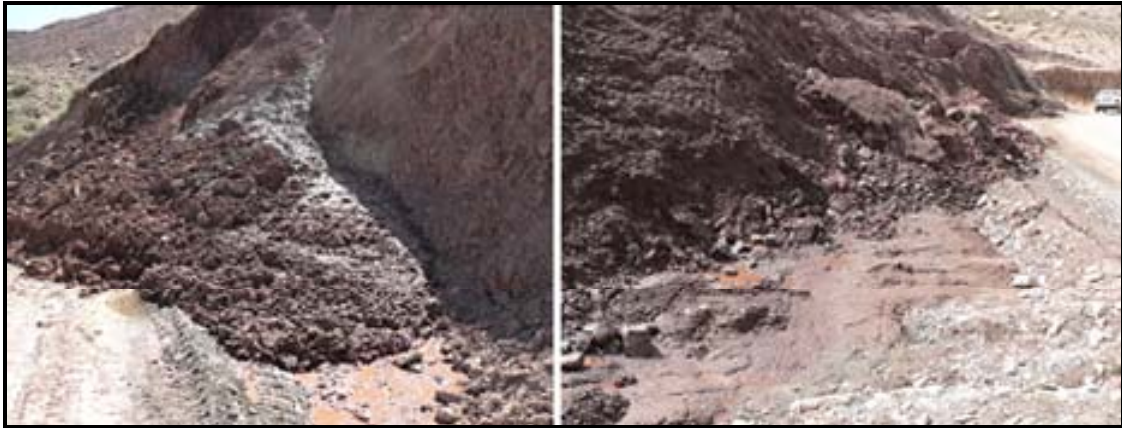
سازند زیرین مارنی و حرکت توده‌ای کند و آرام آن را به دنبال دارد. مورفولوژی موج‌دار سطح این بخش از دامنه نیز مؤید این مسأله است.

در هر صورت، با عنایت به حساسیت ذاتی این واحد به فرایندهای ژئومورفیک، تعریض و مرمت جاده بدون توجه به این حساسیت‌ها، در سال اول بهره‌برداری از آن، یعنی سال ۱۳۸۷ شاهد وقوع زمین لغزش‌هایی در طول مسیر جاده بودیم (شکل ۹). برداشته شدن لایه محافظ سطحی از یک سو و تعمیق ترانشه‌ها جهت کاهش هرچه بیشتر شیب راه، مهمترین علت وقوع این لغزش‌ها بوده است. اثر استقرار راه بر روی رسوبات میوسن تنها به این ختم نمی‌شود، بلکه تمرکز آب‌های سطحی در روی دامنه‌ها خود زمینه را برای فرسایش شیاری و سپس آب‌کندی در کناره‌های جاده فراهم نموده است (شکل ۱۰).

حساسیت بسیار بالای مارن‌های موجود در ترکیب سازند زمین‌شناسی منطقه (شکل ۸)، به عمل آب‌های سطحی و فرایند انحلال از جمله زمینه‌های ناپایداری دامنه‌ها در این واحد است؛ به طوری که به شدت موجب افزایش تراکم شبکه آبراه‌های در بخش‌های عاری از پوشش نهشته‌های آواری شده (شکل ۲) و در بخش‌های زیر پوشش، اثر فرایند انحلال و عمل آن در زیر نهشته‌های آواری، به صورت ایجاد فروافتادگی‌هایی در سطح دامنه ظاهر شده است. گرچه در ظاهر امر، بخش پوشیده از نهشته‌های آواری دامنه (مسیر راه ارلان) پایدار به نظر می‌رسد، ولی پیشروی زبانه‌ای از تشکیلات این بخش به داخل رودخانه قره‌چای نشان دهنده دینامیک بالای این بخش از دامنه است؛ به طوری که آثار پیشروی مداوم این سازندها به صورت ریزش‌های توده‌ای عناصر به داخل رودخانه قره‌چای در طول سال بدون وجود هر گونه عامل دیگری دیده می‌شود. در واقع، هدایت آب‌های سطحی به لایه‌های زیرین میوسن توسط نهشته‌های آواری، موجبات اشباع



شکل شماره ۸ مارن‌های مسیر راه ارلان و عمل آب‌های سطحی و زیر زمینی بر روی آن



ادامه شکل ۸ مارن‌های مسیر راه ارلان و عمل آبهای سطحی و زیر زمینی بر روی آن

شده است؛ کاری که آسیب‌پذیری جاده را به یک حد بحرانی رسانده است.

به علت ایجاد ترانشه‌هایی عمیق در بخش‌هایی از مسیر راه که ضخامت نهشته‌های آواری زیاد است، ریزش‌های پی‌درپی این عناصر را شاهد هستیم.

در بخشی از راه تغییر دادن مسیر آن به طرف شرق، موجب خارج شدن آن از محدوده نهشته‌های آواری و ورود آن به محدوده رسوبات میوسن مجاور شده است؛ به طوری که مسیر راه تا حداکثر امکان به آبراهه‌ای عمیق که در محدوده رسوبات میوسن قرار دارد (شکل ۱۱)، نزدیک



شکل شماره ۹ وقوع زمین لغزش‌هایی در مسیر راه ارلان پس از عملیات تعریض و مرمت جاده: تصویر سمت راست وقوع زمین لغزش در رسوبات میوسن و تصویر سمت چپ وقوع آن را در جایی که نهشته‌های آواری رسوبات میوسن را پوشش داده‌اند، نشان می‌دهد.



شکل شماره ۱۰ فرسایش شیاری و بعضاً آبکندی در شانه‌های راه ارلان



شکل شماره ۱۱ (راست) ترانشه ایجاد شده و چگونگی استقرار نهشته‌های آواری بر روی رسوبات میوسن قرمز، چپ) جابه‌جایی مسیر راه به طرف آبراهه عمیق مجاور راه با دامنه‌هایی ناپایدار

واحد دره طوق مانند

مسیر راه ارلان، در این دره که ویژگی‌های کلی آن در بخش اول این گزارش ذکر گردید، از یک طرف به کوه گچی قلعه‌سی و مخروط‌های واریزه‌ای پای آن و از طرف دیگر، به رسوبات میوسن با پوششی از نهشته‌های آواری

محدود شده است. راه ارلان در کل مسیر خود قبل از مرمت بر روی نهشته‌های آواری استقرار داشت، ولی در حین تعریض و مرمت، خاکبرداری زیاد در بخش‌هایی از آن موجب گردید تا مسیر راه بر روی بستری از رسوبات میوسن قرمز قرار گیرد و در مواردی که ضخامت

بالادست و پایین دست خود از پایداری بیشتری برخوردار است.

واحد فلات مرتفع

این واحد در واقع بخشی از واحد توپوگرافی فلات دامنه شمالی میشو داغ است که راه ارلان در حد فاصل کوه گچی قلعه‌سی و روستای ارلان از روی آن می‌گذرد. مواد سازنده این واحد شامل رسوبات خاکستری رنگ میوسن (مارنی و شیلی به رنگ خاکستری و قرمز، با میان لایه‌هایی ماسه‌سنگی و ماسه‌آهکی گچ‌دار و نمک‌دار) هستند که در بخش بزرگی از مسیر، به وسیله پوششی از نهشته‌های آبرفتی پوشانده شده‌اند. ویژگی خاص این پوشش آبرفتی در جذب و نفوذ دادن آب‌های سطحی موجب شده است که به جای توپوگرافی بدلندی سطح رسوبات میوسن، نوعی توپوگرافی هموار و موجدار در منطقه را شاهد باشیم که نقش مهم این نهشته‌ها را در جلوگیری از فرسایش نشان می‌دهد. از سوی دیگر، نفوذ ناپذیری رسوبات مارنی موجب می‌شود که در فصول مرطوب و به هنگام بارش‌های سنگین شاهد نوعی آب‌گرفتگی در بخش‌های مسطح و فرسایش شیاری در بخش‌های شیب‌دار باشیم.

آنچه که در پی مرمت‌های اخیر رخ داد، ایجاد ترانشه و برداشته شدن پوشش آبرفتی مسیر راه ارلان و استقرار آن بر روی بستری از رسوبات میوسن بود که مشکلات متعددی را برای تردد وسایط نقلیه پدید آورد؛ به طوری که در زمستان ۱۳۸۶، در برخی مقاطع زمانی امکان عبور اتومبیل‌های سبک نیز وجود نداشت.

نهشته‌های آواری زیاد است، ترانشه‌های ایجاد شده در دو سوی مسیر، موجب افزایش ناپایداری‌های دامنه‌ای از نوع ریزش شده است.

وجود چنین وضعیتی، آسیب پذیری راه را به چند طریق افزایش داده است:

۱- قرار گرفتن کف راه بر روی بستری از رسوبات میوسن، امکان فرسایش آب‌کندی در اثر تمرکز آب‌های سطحی را همانند آنچه که در واحد میوسن قرمز دیده می‌شود، افزایش داده است.

۲- گرچه شیب لایه‌های میوسن و نهشته‌های آواری حاشیه شرقی راه به سمت مخالف طرف راه است، ولی بر داشته شدن تکیه گاه این عناصر در اثر ایجاد ترانشه‌های عمیق، امکان وقوع حرکات توده‌ای از نوع ریزش و لغزش را فراهم آورده است، بویژه این که نهشته‌های آواری این منطقه، اندازه‌های بزرگتری نسبت به نهشته‌های روی واحد میوسن دارند.

۳- دینامیک بالای دامنه‌های کوه گچی قلعه‌سی در اثر هوازگی مکانیکی سنگ‌های سازنده و تداوم تغذیه مخروط‌های واریزه پایکوه، همواره تهدیدی برای راه ارلان است. از سوی دیگر، با عبور بخشی از راه از میان واریزه‌های جوان کوه گچی قلعه‌سی و ایجاد ترانشه‌هایی در پی مرمت‌های اخیر، راه ارلان در معرض حرکات توده‌ای، از قبیل ریزش‌ها و افتان‌های سنگی قرار گرفته است.

شایان ذکر است که با وجود زمینه‌های آسیب‌پذیری فوق برای راه ارلان، این قسمت از مسیر نسبت به دو واحد

فرایندهای دامنه‌ای و ویژگی‌های هیدرولوژیک و رسوبگذاری آن ایجاد نموده است، زیرا:

۱- نادیده گرفتن نقش محافظتی نهشته‌های آواری در واحد میوسن قرمز و دره طوق مانند و نقش موادآبرفتی (تراس مرتفع) در واحد فلات مرتفع، زمینه را برای حذف این دو لایه پوششی و محافظ لایه‌های نامقاوم زیرین (رسوبات میوسن) فراهم کرده و بدین ترتیب راه ارلان در بخش‌هایی از مسیر خود از روی این مواد دارای زهکشی خوب، به روی بستری از رسوبات مارنی میوسن منتقل شده است.

۲- انتقال بخش‌هایی از راه ارلان به طرف خارج از محدوده نهشته‌های آواری در واحد میوسن قرمز و تراس مرتفع واحد فلات، آسیب پذیری راه را از فرایندهای ژئومورفیک مثل حرکات توده‌ای و فرسایش آبکنندی بشدت افزایش داده است.

۳- ایجاد ترانشه‌هایی عمیق در طول مسیر، بویژه در واحد میوسن قرمز، ناپایداری دامنه‌ای از نوع حرکات توده‌ای را شدت بخشیده است (شکل ۹).

۴- قرار گرفتن کف راه بر روی رسوبات میوسن، نتیجه‌ای جز تمرکز آب‌های سطحی سطح و شانه‌های جاده در طرفین آن نداشته و زمینه فرسایش آبکنندی را فراهم نموده است (شکل ۱۰).

وقوع چندین حرکت توده‌ای از نوع لغزش و ریزش (شکل ۹)، تظاهر آثار فرسایش آبکنندی (شکل ۱۰) و

مسأله دیگر در این واحد جابه‌جایی بخشی از مسیر جاده نسبت به مسیر قبلی است، که برخلاف کوتاه کردن مسیر، مسیر راه را به کمرکش دره‌ای عمیق با دامنه‌های ناپایدار سوق داده است (شکل ۱۱).

در این قسمت، علاوه بر ناپایداری دامنه‌ای به دلیل ماهیت لیتولوژیک و شرایط توپوگرافی، طول دامنه، زمینه تمرکز آب‌های سطحی را در قالب آبکندهای عمیق فراهم آورده است. قطع عمودی مسیر این آبکندها توسط راه ارلان، آسیب پذیری آن را بیش از پیش افزایش داده است.

یافته‌ها

چنان‌که قبلاً نیز ذکر گردید، تعریض و مرمت راه روستایی ارلان در جهت خدمت رسانی به اهالی این روستا بوده است، ولی غفلت از برخی حساسیت‌های منطقه شرایطی را پیش آورده است که علاوه بر اثر گذاری بر شاخص‌های ژئومورفیک منطقه، آسیب پذیری این راه را نیز افزایش داده است. قصد ما در این جا، بحث در مورد نقش جاده‌ها در تغییر چشم انداز نیست، بلکه می‌خواهیم نتایج تصمیم‌گیری‌هایی را که بدون توجه به مسایل ژئومورفیک صورت می‌گیرند، بررسی کنیم.

عبور راه روستایی ارلان از واحدهای ژئومورفولوژیک متعدد و با ویژگی‌هایی متفاوت زمینه را برای افزایش دینامیک ژئومورفیک طول مسیر فراهم کرده است و دستکاری‌های انسان در طول مسیر راه در طی سال‌های اخیر، تغییراتی را در سیستم روابط واحدهای لیتولوژیک،

شکل ۱۲ الف، ب، پ، ت نقشه ریز پهنه‌بندی ویژگی‌های ژئومورفیک طول مسیر راه ارلان و جدول ۲ جزئیات این ویژگی‌ها را نشان می‌دهد. در شکل ۱۲ محل دقیق برش‌ها با توجه به لیتولوژی آنها در طول مسیر راه ارلان نشان داده شده است.

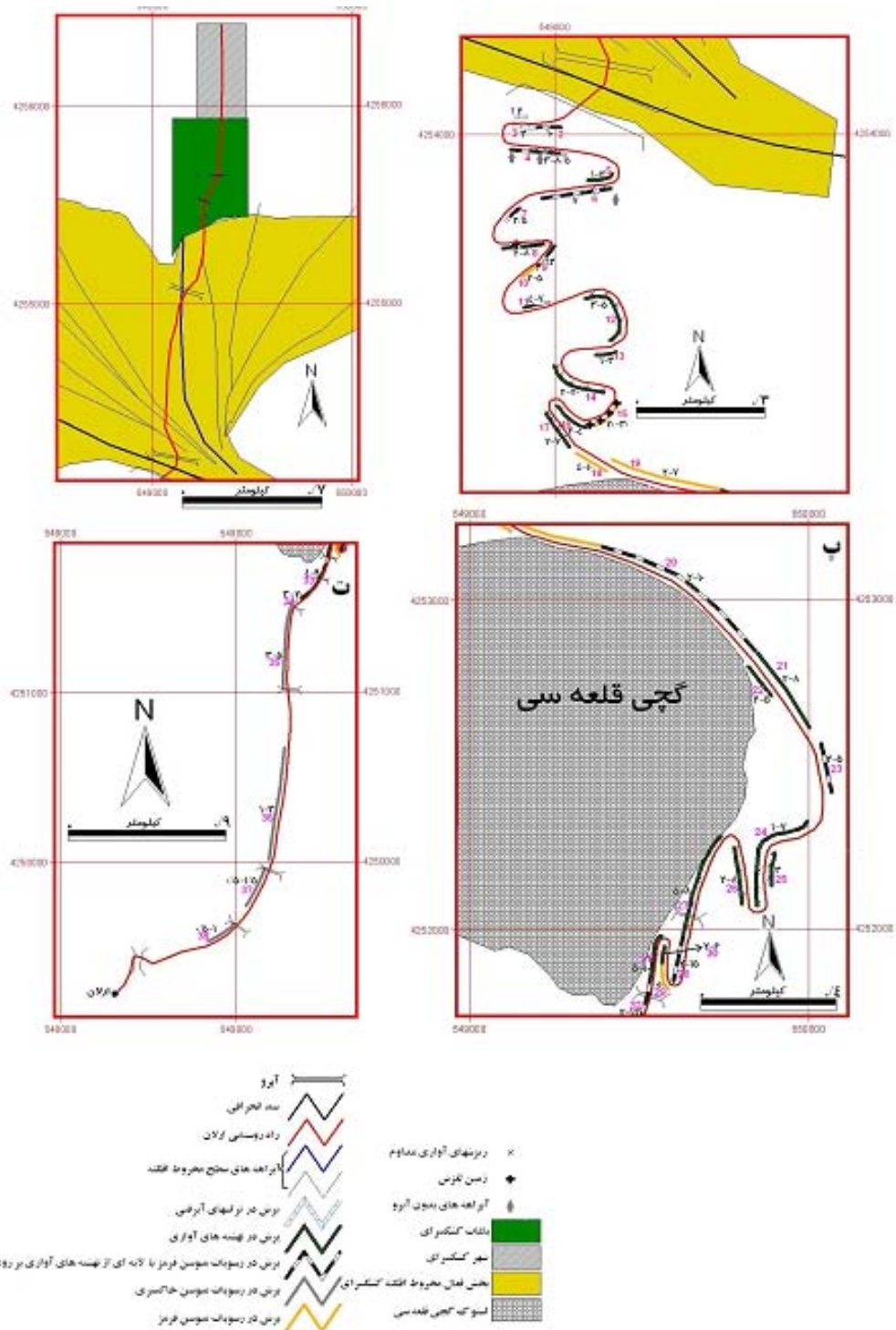
تعداد زیاد برش‌های فوق در خود رسوبات میوسن قرمز و یا تناوبی از این رسوبات و نهشته‌های آواری و ارتفاع زیاد این برش‌ها نسبت به سایر قسمت‌ها، هشدار جدی در مورد آسیب‌پذیری راه از فرایندهای ژئومورفیک را گوشزد می‌کند. در طول مسیر، آبروهایی برای عبور جریان‌های سطحی تمرکز یافته در نظر گرفته شده است ولی در بخش‌هایی از مسیر آبراهه‌هایی نیز وجود دارند که آب‌های خارج شده از آنها می‌تواند به راه ارلان آسیب بزند. برخی از این آبراهه‌ها در شکل ۱۲ نشان داده شده اند.

آب‌گرفتگی بخش‌هایی از راه در واحد فلات مرتفع در زمستان ۱۳۸۶، فقط نمونه‌هایی از آسیب‌پذیری راه ارلان از فرایندهای ژئومورفیک در سال اول بهره‌برداری است. به نظر می‌رسد با توجه به عبور راه از قسمت فعال مخروط‌افکنه کشکسرای، قرار گرفتن کل مسیر راه در یک منطقه فعال تکتونیک (مختاری، ۱۳۸۳) و حاکمیت شرایط خشکسالی در منطقه، آسیب‌پذیری مسیر راه از فرایندهای ژئومورفیک بیش از آنی باشد که در حال حاضر شاهد آن هستیم.

حجم عظیم خاکبرداری‌ها در طول مسیر (۱۲۵۷۹۵/۷۳ متر مکعب) در مقایسه با خاکریزی‌ها (۵۰۳۹۴/۳۴ متر مکعب) که آن هم عمدتاً بر روی واحد مخروط‌افکنه صورت گرفته است، ایجاد ترانشه‌هایی به ارتفاع ۱ تا ۲۵ متر را به دنبال داشته است که حجم بزرگی از این خاکبرداری‌ها شامل برداشته شدن نهشته‌های آواری پوششی در طول مسیر بوده که دو نتیجه مهم را در پی داشته است:

۱- استقرار کف راه ارلان بر روی رسوبات میوسن و ایجاد زمینه برای فرسایش شیاری و در پی آن فرسایش آب‌کندی؛

۲- ایجاد برش‌هایی در سازندهای مسیر راه و تمهید وقوع حرکات توده‌ای از نوع ریزش و زمین لغزش؛



شکل شماره ۱۲ نقشه ریز پهنه‌بندی ویژگی‌های ژئومورفیک طول مسیر راه ارلان در واحد میوسن قرمز (الف)، واحد مخروط‌افکنه (ب)، واحد دره طوق مانند (پ)، و واحد فلات مرتفع (ت)

جدول شماره ۲ جزئیات ویژگی‌های ژئومورفیک طول مسیر راه ارلان

جنس پی سنگ راه	فرایندهای ژئومورفیک فعال	ارتفاع (متر)	جنس	طول (متر)	ویژگی شماره
RM	SF	۲	T	۳۱	۱
RM	SF	۱۰	RM(5m)& DD(5m)	۵۴	۲
RM	SF	۳	T	۵۸	۳
RM	SSF&RSRE	۱-۸/۵	RM(2-6m)& DD(1-2.5m)	۱۳۵	۴
RM	SF &RSRE	۱-۳	DD	۶۵	۵
RM	SF &RSRE	۷	(Alternation of RM(3m)& DD(4m)	۱۶۸	۶
RM	SSE	۲/۵	RM(2m)& a mantle of DD(0.5m)	۴۹	۷
RM	L/MF, SF &RSRE	۲-۸	Alternation of RM(2-5m)& DD(2-5m)	۱۱۷	۸
RM	SF &RSRE	۱۳	RM(10.5m)& DD(2.5m)	۶۳	۹
RM	SF &RSRE	۲-۵	RM	۵۰	۱۰
RM	SF &RSRE	۲-۴	RM(2-4m)& MDD(0.5-1m)	۴۴	۱۱
RM	SF &RSRE	۳-۵	DD	۱۷۵	۱۲
RM	SF &RSRE	۱-۳	DD	۵۱	۱۳
RM	SF &RSRE	۲-۲۰	DD	۱۴۱	۱۴
RM	L/MF	۲۰-۳۰	RM	۱۰۲	۱۵
RM	SF &RSRE	۲-۴	DD	۹۰	۱۶
RM	SF	۲-۷	DD	۹۷	۱۷
RM	SF	۲-۱۰	RM	۸۵	۱۸
RM	SF	۲-۷	RM	۲۶۲	۱۹
RM	SF	۲-۸	RM& DD(2-8m)	۵۷۵	۲۰
RM	SF	۲-۸	DD	۲۷۲	۲۱
RM	SF	۲-۵	DD	۹۷	۲۲
RM	SF	۲-۵	RM(10.5m)& DD(2m)	۱۵۰	۲۳
CDD	SSF	۱-۷	CDD	۳۵۲	۲۴
CDD	SSF	۳	CDD	۱۰۱	۲۵
CDD	SSF	۲-۸	CDD	۱۷۴	۲۶

CDD	SSF	۵-۸	CDD(Debris cone)	۳۲۲	۲۷
RM	SF	۲-۱۵	RM(2-15m)& DD(0.5-2m)	۱۴۴	۲۸
RM	SF	۶	RM	۸۶	۲۹
RM	SF	۲-۶	DD	۵۰	۳۰
DD	SF	۵-۱۰	DD	۱۲۶	۳۱
DD	SF	۲-۱۲	RM(2-12m)& DD(0.5m)	۱۵۸	۳۲
RM	SF	۴-۹	DD	۱۳۰	۳۳
RM	SF	۳-۲۰	RM(3-20m)& DD(0.5m)	۱۵۰	۳۴
GM	SF, RSL & L	۳-۵	GM	۴۹۲	۳۵
GM	SSF, RSL & L	۱-۳	GM	۶۶۰	۳۶
GM	RSL & L	۰/۵-۱/۵	GM	۲۴۴	۳۷
GM	RSL & L	۰/۵-۱	GM	۱۷۶	۳۸

نوعی رابطه منطقی بین حساسیت‌های ژئومورفیک منطقه و عملکرد انسان در تغییر شکل دامنه‌ها برقرار شود.

این که مسیر فعلی راه روستایی ارلان، بهترین مسیر برای عبور راه این روستاست، مشکلی نیست، ولی مهمترین نکته‌ای که در طی این پژوهش ابعاد آن بیشتر ظاهر شد، وارد شدن مسیر راه ارلان از یک فاز نسبتاً مطمئن از نظر آسیب‌پذیری، به یک فاز آزمایش و خطا در اثر مرمت‌های اخیر است که احتمالاً جابه‌جایی‌ها و مرمت‌های مداوم در سال‌های بعد را طلب خواهد کرد. طبق نتایج این تحقیق، با وجود پی‌سنگی از رسوبات میوسن در زیر نهشته‌های آواری و آبرفتی کواترنری، ناپایداری‌های دامنه‌ای، حتی بدون دستکاری‌های انسان نیز جزو ویژگی‌های ذاتی مسیر مورد مطالعه بویژه در واحد میوسن قرمز هستند و گرچه قسمت‌های پوشیده از نهشته‌های کواترنری در ظاهر پایدارتر از بخش‌های دیگر به نظر می‌رسند، با این حال، همین نهشته‌ها با نفوذ دادن آب‌های سطحی به لایه‌های

T: تراس (آبرفت): RM رسوبات میوسن قرمز (مارن)، ماسه سنگ و کنگلومرا همراه با گچ)، DD: نهشته‌های آواری، SF: ریزش‌های کناری، SSF: ریزش‌های کناری شدید، RSRE: فرسایش شیاری شانه‌های راه، SSE: فرسایش شیاری خفیف، L/MF: وقوع زمین لغزش به همراه جریان گلی، RSL: آب‌گرفتگی سطح راه، L: روان شدگی، CDD: نهشته‌های آواری درشت دانه، GM: رسوبات میوسن خاکستری (مارن و شیل با میانلایه‌های ماسه‌سنگی و ماسه‌آهکی گچ‌دار و نمک‌دار)، MDD: پوششی از نهشته‌های آواری

نتیجه‌گیری

در تحقیقات ژئومورفولوژیک، محقق همواره سعی در تعیین چگونگی تغییر در اشکال سطح زمین دارد (Gutierrez & Sese, 2001: 19). در این مقاله نیز سعی شده است، تا ضمن تبیین وضعیت ژئومورفولوژیک منطقه،

که، طراحی این راهها در بسترهای از ویژگی‌های چشم انداز صورت گیرد و ارتباط آن با فرایندهای ژئومورفولوژیک حفظ شود. این مسأله در مناطقی که جاده از یک دامنه تند و یا از روی دامنه‌ای مشرف به دره عبور می‌کند و در معرض پدیده‌های ناگهانی، مثل جریان‌های آواری و حرکات توده‌ای مرطوب است، بیشتر صادق است.

۲- احداث جاده در مناطق ناپایدار مثل راه ارلان که فرایندهای مختلف ژئومورفیک در آن فعال هستند، بدون شناخت دقیق ویژگی‌های این فرایندها دارای اشکال خواهد بود.

۳- وجود زمینه‌های فرسایش آبکندی شدید به‌علت وجود مارن در ترکیب سازندهای زمین‌شناسی منطقه برای راه‌هایی مثل راه مورد مطالعه مشکل ساز است و نیازمند شناخت دقیق عملکرد این نوع از فرسایش و زمینه‌های موجود در سطح دامنه‌ها برای وقوع آن است.

۴- دامنه‌های ناپایدار حاصل از خاکبرداری طول مسیر نیازمند اصلاح با استفاده از تکنیک‌های پایدارسازی است.

نوع واکنش ژئومورفیک مورد اشاره در این مقاله به آثار دستکاری انسان بر روی فرایندهای سطح زمین، شاید زمینه‌ای برای طرح موضوع تغییرات ژئومورفیک جهانی در کنار تغییرات اقلیمی باشد. بنابراین، ملاحظات در مورد فرایندهای ژئومورفیک آینده باید علاوه بر لحاظ تغییرات اقلیمی، تغییرات ژئومورفیک را نیز مد نظر قرار دهد.

زیرین مماس با مارن‌های میوسن زمینه رانش بطبیعی عناصر به طرف پایین دست دامنه را فراهم آورده‌اند. در واقع، نتیجه دستکاری‌های اخیر، تنها تسریع در عملکرد فرایندهای ژئومورفیک منطقه بوده‌است که بر اساس نتایج حاصله در طی این تحقیق، با در نظر گرفتن ملاحظات ژئومورفیک می‌شد از شدت خسارات کاست.

به منظور مدیریت موفق چشم اندازها، تهیه منابع اطلاعاتی از طریق سنجش و پایش تغییر و حساسیت آنها ضروری است و برآوردهای علمی از حساسیت چشم اندازها، دست پژوهشگران و برنامه‌ریزان را در استفاده پایدار از منابع طبیعی باز می‌گذارد (Thomas and Simpson, 2001: 81). آنچه مسلم است، این است که جاده‌های روستایی نقش مهمی در توسعه روستاهای واقع در دل کوهستان‌های آذربایجان دارند. جاده روستایی مورد مطالعه، از جمله این راه‌هاست که خود اهالی آن نیز به ترمیم و بهسازی آن علاقه‌مند هستند، ولی باید در نظر داشت که بی‌توجهی به تأثیرات بعدی می‌تواند ما را به همان پارادایمی که از طریق قطع جنگل‌ها یا فعالیت‌های نابجای کشاورزی و دامداری دچار شدیم، گرفتار کند. علاوه بر این، این بی‌توجهی می‌تواند نشانی از فقدان درک درست از ماهیت مسأله و راه حل آن باشد و این که هزینه‌های بعدی اصلاح قسمت‌های آسیب‌پذیر راه و نگهداری آن، تا چه اندازه خواهد بود؟

نتایج این پژوهش چندین نکته مفید و الزامی را گوشزد می‌کند:

۱- نیاز مبرم به پژوهش‌های ناحیه‌ای گسترده به هنگام طراحی راه‌های ارتباطی در محیط‌های کوهستانی؛ به طوری

منابع

- ۳۹
- ۱- باقدم، عثمان، فرج زاده اصل، منوچهر، شایان، سیاوش. (۱۳۸۴). ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیطی: مسیر سندج - مریوان با استفاده از GIS، مدرس علوم انسانی ۹ (۱ (پیاپی ۳۸) ویژه نامه جغرافیا): ۱-۱۶.
- ۲- باقری، مهدی. (۱۳۷۸). علل حرکات دامنه‌ای و ارزیابی تأثیرات آنها در جاده هراز (از آبدلی تا بایجان). به راهنمایی سعید خدائیان. پایان نامه (کارشناسی ارشد)، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.
- ۳- جعفرخانلو، مرتضی. (۱۳۸۴). پهنه‌بندی خطر ناپایداری دامنه‌ها در محدوده جاده چالوس (حدفاصل کرج-گچسار). به راهنمایی علی ارومیه‌ای. پایان نامه (کارشناسی ارشد). دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه.
- ۴- حسینی، عطاله. (۱۳۷۳). بررسی پدیده زمین‌لغزه در جاده‌های جنگلی کوهستانی جنگل آموزشی - پژوهشی دانشگاه تهران (خیرودکنار - نوشهر). به راهنمایی نصرت‌الله ساریخانی. پایان نامه (کارشناسی ارشد)، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- خیام، مقصود و مختاری، داود. (۱۳۸۰). استوک گچی قلعه‌سی و اثر آن در مورفولوژی دامنه‌های اطراف آن :
- مجله فضای جغرافیایی، شماره ۳. صفحه ۵۴-۴۱.
- دانشگاه آزاد اسلامی اهر.
- ۶- سازمان زمین شناسی کشور. (۱۳۷۳). نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. ۱ مرد.
- ۷- شیرزادی، عطاله. (۱۳۸۶). پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای (ریزش سنگ) در طول جاده‌های کوهستانی با استفاده از ارائه مدل منطقه‌ای (مطالعه موردی: کردستان، گردنه صلوات آباد). به راهنمایی کریم سلیمانی و محمود حبیب‌نژاد. پایان نامه (کارشناسی ارشد). دانشگاه مازندران. دانشکده منابع طبیعی.
- ۸- صفارزاده، محمود و اسدماجر، مرتضی. (۱۳۸۵). اثر سنجی پارامترهای ترافیکی و جاده ای بر ارزیابی حوادث ریزشی محورهای کوهستانی (مورد کاوی، محور کرج- چالوس). پژوهشنامه حمل و نقل، ۳(۴)، صص ۲۷۷-۲۸۷.
- ۹- غلامی، وحید. (۱۳۸۳). بررسی عوامل حرکت توده‌ای (ریزش سنگ) با استفاده از تکنیک‌های دور سنجی میدانی (مطالعه موردی جاده هراز، مقطع وانا- پلور). به راهنمایی کریم سلیمانی و محمود حبیب‌نژاد. پایان نامه (کارشناسی ارشد)، دانشگاه مازندران. دانشکده منابع طبیعی.
- ۱۰- غیومیان، جعفر، کریمیان، حمید رضا، شریعت جعفری، محسن. (۱۳۷۹). بررسی تاثیر پارامترهای زمین ساختاری در کنترل زمین لغزش‌های ناحیه

- ۱۱- فیض نیا، سادات، کلارستاقی، عطاله، صفایی، مهرداد. (۱۳۸۳). بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی :حوزه آبخیز شیرین رود-سدتجن). منابع طبیعی ایران، ۵۷(۱): ۳-۲۲.
- ۱۲- کرمی، فریبا، رستم زاده، هاشم. (۱۳۸۶). ارتباط وقوع حرکات توده‌ای مواد با احداث شبکه‌های ارتباطی بزرگراه‌های شهر تبریز. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۹(۶۰): ۱۰۹-۱۲۰.
- ۱۳- کلارستاقی، عطاله، حبیب نژاد، محمود، احمدی، حسن. (۱۳۸۶). مطالعه وقوع زمین لغزش‌ها در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و جاده سازی مطالعه موردی حوزه آبخیز تجن، ساری. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۹(۶۲): ۸۱-۹۱.
- ۱۴- کوشکی، ابوذر. (۱۳۸۵). مخاطرات محیطی جاده خرم آباد - پلدختر با تاکید بر ژئومورفولوژی. به راهنمایی عزت‌الله قنوتی. پایان نامه (کارشناسی ارشد). دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده ادبیات.
- ۱۵- مختاری، داود. (۱۳۸۱) الف، عوامل ژئومورفولوژیکی فعال در مسیر آزاد راه تبریز- مرند و راه‌های مقابله با آن. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه آزاد اسلامی مرند.
- ۱۶- مختاری، داود. (۱۳۸۱) ب، عوامل مؤثر در گسترش و تکامل مخروط افکنه‌های کواترنری در دامنه شمالی میشوداغ (آذربایجان- ایران) و ارزیابی توان‌های محیطی آن. پایان‌نامه دوره دکتری. دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- ۱۷- مختاری، داود. (۱۳۸۳). پژوهشی در تأثیرات ژئومورفولوژیک گسل شمالی میشو و آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های واقع در مسیر آن. طرح تحقیقاتی. دانشگاه تبریز.
- ۱۸- مختاری، داود. (۱۳۸۴). ارزیابی ژئومورفولوژیک بخشی از مسیر راه تبریز - مرند در گردنه پیام در شمال غرب ایران. مدرس علوم انسانی، ۹ (۴) پیاپی (۴۳) ویژه نامه جغرافیا: ۱۳۳-۱۵۶.
- ۱۹- مختاری، داود. (۱۳۸۵). ناپایداری دامنه‌ای یکی از عوامل حوادث جاده‌ای، مورد نمونه: زمین لغزش خرداد ماه جاده نیر- سراب (استان اردبیل). فضای جغرافیایی، شماره ۱۶.
- ۲۰- مقیمی، ابراهیم. (۱۳۸۴). ویژگی‌های ژئومورفولوژیک دامنه‌ای مشرف به جاده سولقان (از پل زر تا سولقان) . تحقیقات جغرافیایی، ۲۰(۳) (پیاپی ۷۸) : ۶۶-۸۰.
- ۲۱- مهندسین مشاور تصویر زمین. ۱۳۸۵. راه روستایی کشکسرای- ارلان. وزارت راه و ترابری.
- 22- Arnaez, J., Larrea, V., Ortigosa, L., 2004. Surface runoff and soil erosion on unpaved

- General Technical Report No. PNW-10. 145pp.
- 30- Gutierrez, M., Sese, M. V. H., 2001. Multiple talus flatirons, variations of scarp retreat rates and the evolution of slopes in Almazan Basin (semi- arid central Spain). *Geomorphology*, 38, p. 19-29.
- 31- Jones, D. K. C., Brunsten, D., Goudie, A.S., 1983. A preliminary geomorphological assessment of part of the Karakoram Highway. *Q. J. eng. Geol.* London. Vol.16 pp. 331-355.
- 32- Keefer, D.K., 1984. Landslides caused by earthquakes. *Geological Society of America Bulletin* 95, 406-421.
- 33- Minten, B., Kyle, S., 1999. The effect of distance and road quality on food collection, marketing margins, and traders' wages: evidence from the former Zaire. *Journal of Development Economics* 60 (2), 467-495.
- 34- Montgomery, 1995. Influences of road construction in natural landscape. Testimony to the united states house of representatives subcommittee on interior appropriations. Part 6, pp. 858-861.
- 35- Morschel, J. ; Fox, D.M. ; Bruno, J.-F., 2004. Limiting sediment deposition on roadways: topographic controls on vulnerable roads and cost analysis of planting grass buffer strips. *Environmental Science & Policy* , Vol.7, Issue 1, pp.39-45
- 36- Motha, J.A., Wallbrink, P.J., Hairsine, P.B., Grayson, R.B., 2004. Unsealed roads as suspended sediment sources in an forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. *Catena* 57 (1), 1-14.
- 23- Ashby, G., 2002. Development of a Risk Management Strategy for Part of State Highway 73 in the South Island of New Zealand, NZSfRM Conference.
- 24- Barnard, P.L., Owen, L.A., Sharma, M.C., Finkel, R.C., 2001. Natural and human-induced landsliding in the Garwhal Himalaya of northern India. *Geomorphology* 40, 21-35.
- 25- Blair, T. C. and Mcpherson. J.G., 1994a. Alluvial fan processes and forms. In: A.D.Abrahams and A.J.Parsons(eds.). *Geomorphology of desert environment.* Chapman & Hall. London.
- 26- Brunsten, D., Doornkamp, J. C., Fookes, P.G., Jones, D. K. C., Kelly, J. M. H., 1975. Large scale geomorphological mapping and highway engineering design. *Q. J. eng. Geol.* London. Vol. 8. pp. 227-253.
- 27- Costa, F.M., Bacellar, L.A.P., 2007. Analysis of the influence of gully erosion in the flow pattern of catchment streams, Southeastern Brazil. *Catena* 69, 230-238.
- 28- Cova, T.J., and Conger, S., 2004. Transportation hazards. In: *Handbook of Transportation Engineering*, M. Kutz (ed.), McGraw Hill, New York, pp. 17.1-17.24.
- 29- Gibbons, D.R. and E.O. Salo. 1973. An Annotated Bibliography of the Effects of Logging on Fish of the Western United States and Canada. USDA Forest Service

- soils treated with dry PAM and phosphogypsum. Soil Science Society of America Journal 70, 679–690.
- 44- Ziegler, A.D., Giambelluca, T. W., 1997. Importance of rural roads as source areas for runoff in mountainous areas of northern Thailand. Journal of Hydrology 196, 204–229.
- 45- Ziegler, A.D., Giambelluca, T.W., Sutherland, R.A., Nullet, M.A., Yarnasarn, S., Pinthong, J., Preechanya, P., Jaiaree, S., 2004. Toward understanding the cumulative impacts of roads in upland agricultural watersheds of northern Thailand. Agriculture, Ecosystems & Environment 104, 145–158.
- agricultural catchment in southeastern Australia. Journal of Hydrology 286, 1–18.
- 37- Nesje, A., 1996. Geological indicators of rapid environmental change: Glacier fluctuations and avalanche activity. In: A. R. Berger and W. J. Iams (eds). Geo indicators. A. A. Balkema pub. P.31-46.
- 38- Owen, L.A., Sharma, M., Bigwood, R., 1996. Landscape modification and geomorphological consequences of the 20 October 1991 earthquake and the July–August 1992 monsoon in the Garhwal Himalaya. Zeitschrift für Geomorphologie 103, 359–372.
- 39- Owen, L. A., Kamp, U., Khattak, G. A., Keefer, D., Harp, E. L., Bauer, M., 2008. Landslides triggered by the October 8, 2005, Kashmir Earthquake, Geomorphology 94, 1–9.
- 40- Rijdsdijk, A., Bruijnzeel, L. A. S., Sutoto, C. K., 2007. Runoff and sediment yield from rural roads, trails and settlements in the upper Konto catchment, East Java, Indonesia. Geomorphology 87, 28–37.
- 41- 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.
- 42- Thomas, M. F., Simpson, I. A., 2001. Preface. Catena 42, 81–82
- 43- Tang, Z., Lei, T., Yu, J., Shainberg, I., Mamedov, A.I., Ben-Hur, M., Levy, G.J., 2006. Runoff and interrill erosion in sodic