

تحلیل توزیع فضایی نهشته‌های لسی در جنوب و جنوب شرقی دریای کاسپین

عزت‌ا. قنواتی* - دانشیار دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی
زکيه محمدی - دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۴/۲۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۱۲/۰۴

چکیده

از آنجایی که نهشته‌های لسی، به دلیل فرسایش پذیری بالا و داشتن خصوصیات ژئوتکنیکی ویژه، مستعد مسائل محیطی متعددی هستند، بنابراین تحلیل توزیع فضایی آنها در راستای مدیریت مسائل محیطی، از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو، هدف از این پژوهش بررسی توزیع فضایی نهشته‌های لسی و نقش آنها در مدیریت و توسعه محیطی محدوده مورد مطالعه است. این پژوهش با استفاده از بازدهی‌های میدانی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی، مدل ارتفاعی رقومی زمین و نقشه کاربری اراضی انجام شد. نتایج نشان می‌دهد لس‌ها با نسبت‌های مختلفی، بالادست حوضه‌های رودخانه‌های نکا، گرگان و اترک را پوشانده و سبب بالارفتن بار رسوبی این رودخانه‌ها، به‌ویژه در هنگام طغیان می‌شوند و در نهایت آثار تخریبی آنها را افزایش می‌دهند. حضور درصد بالایی از لس‌ها در ارتفاعات و شیب‌های پایین و همچنین ایجاد تپه‌های برش خورده، انواع فرسایش‌های شیاری، پایبینگ، خندقی و بدلندها، بیانگر عملکرد فرایندهای رودخانه‌ای در طول زمان هستند. با توجه به اینکه تعدادی از روستاهای استان گلستان از نهشته‌های لسی پوشیده شده‌اند و این نهشته‌ها نسبت به فرسایش، فرونشست، فروریختگی و زمین‌لغزش مستعد هستند، بایستی مدیران محیط در اجرای طرح‌های عمرانی، به‌ویژه سازه‌های ساختمانی، جاده‌ها و همچنین شبکه‌های آبیاری و زهکشی در این مناطق، دقت عمل لازم را داشته باشند.

کلیدواژه‌ها: تحلیل فضایی، جنوب و جنوب شرقی دریای کاسپین، ژئومورفولوژی، لس.

مقدمه

لس‌ها نهشته‌های بادی تراکم‌نیافته، فاقد لایه‌بندی با دانه‌بندی یکسان هستند که به‌صورت نهشته‌های پوششی^۱ دیده می‌شوند و به‌طور کلی ۵۰ تا ۹۰ درصد از ذرات این نهشته‌ها، جدا از جنسشان، در اندازه سیلت هستند (یل، ۲۰۰۰: ۵).

واژه لس را نخستین بار لئونارد در سال ۱۸۲۴، برای توصیف رسوب‌های شکننده و سیل‌تی منطقه هارلاس، در طول رودخانه راین استفاده کرد، سپس لایل در سال ۱۸۳۳ با گزارش این رسوب‌ها در آلمان و نقاط دیگر، توجه جهانی را به آنها جلب کرد (کریمی، خادمی و جلالیان، ۱۳۹۰). از آن زمان تا کنون، پژوهش‌های فراوانی در دنیا در مورد رسوب‌های لسی انجام شده است.

در ایران نیز مطالعات بسیاری در زمینه لس‌ها انجام گرفته که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره شده است. لطیف (۱۳۷۶) با مطالعه پراکندگی، منشأ، سن و آثار دیرینه آب‌وهوایی لس‌ها در شمال شرقی ایران، لس‌ها را ناشی از دشت‌های سیلابی مجاور می‌داند که به وسیله باد از فاصله کوتاه و از مناطق کم‌ارتفاع حمل شده‌اند. وی همچنین نشان داد که لس‌های شمال شرقی ایران، تحت شرایط سردوخشک و بادی نهشته شده‌اند و به وسیله تشکیلات خاک‌های فسیل‌دار دوره‌های گرم، قطع شده‌اند. امینی (۱۳۷۴: ۱۱) با مطالعه ویژگی‌های رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی و فرسایش‌پذیری لس‌های حوضه آبریز قره‌تیکان، به این نتیجه رسیده است که لس‌های این حوضه، ابتدا در یک محیط یخچالی تشکیل شده‌اند و پس از ذوب یخچال، باد آنها را به محل فعلی حمل کرده است. پاشایی (۱۳۷۶)، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی رسوب‌های لسی دشت گرگان را بررسی کرده و با تأکید بر بادی بودن این نهشته‌ها و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، منشأ این نهشته‌ها را با توجه به بادهای غالب منطقه، به رسوب‌های سیلابی و تپه‌های ماسه‌ای واقع در فرورفتگی دریای کاسپین نسبت می‌دهد. ثروتی، قدوسی و تیموری یانسری (۱۳۸۸) با هدف شناسایی مهم‌ترین رخساره‌های فرسایشی در استان گلستان، خصوصیات ژئومورفولوژی و رابطه بین آنها را بررسی کرده است. نتایج این پژوهش نشان داده که خصوصیات ژئومورفولوژی لس‌های منطقه در گذشته با توجه به تغییر کاربری غیر اصولی آن، موجب تشدید فرسایش آبی و شکل‌گیری و گسترش انواع رخساره‌های فرسایش آبی شده است. کریمی، خادمی و جلالیان (۱۳۹۰)، در پژوهشی با عنوان «لس: ویژگی‌ها و کاربردها برای مطالعات اقلیم گذشته»، شماری از پژوهش‌های انجام‌شده سراسر جهان درباره لس‌ها را مورد بررسی قرار داده و تاریخچه مطالعات لس در ایران را به صورت گسترده بیان کرده‌اند. اسدی، مور و کشاورزی (۲۰۱۳)، در پژوهشی با عنوان «ماهیت و خاستگاه نهشته‌های لسی گلستان در شمال شرق ایران»، در راستای یافتن خواستگاه لس‌ها، ویژگی‌های کانی‌شناسی، بافت، ژئوشیمیایی و هوازدگی نهشته‌های لسی استان گلستان را بررسی کرده‌اند.

مطالعات گذشته به بحث منشأ لس‌های ایران، فرسایش‌پذیری حوضه‌هایی که دارای نهشته‌های لسی هستند یا بررسی فرسایشی خاص در لس‌ها و همچنین نقش لس‌ها در بررسی دیرینه اقلیم پرداخته‌اند. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر نقش نهشته‌های لسی در سیستم‌های شکل‌زایی منطقه مورد مطالعه و تحلیل توزیع فضایی آنها است. نهشته‌های لسی جزء نهشته‌های مسئله‌ساز به شمار می‌روند؛ زیرا ۵۰ تا ۹۰ درصد از ذرات نهشته‌های لسی در اندازه سیلت هستند و به همین دلیل فرسایش‌پذیری بسیار بالایی دارند. همچنین، به دلیل برخورداری از ویژگی‌های خاصی چون داشتن بافت متخلخل، نسبت‌های فضای خالی بالا و همچنین تراکم نسبتاً پایین، به طور کلی نفوذپذیری عمودیشان بیشتر از نفوذپذیری افقی است و مستعد مسائل محیطی متعددی چون زمین‌لغزش، روان‌شدگی، فرونشست و فروریختگی

(رمبش^۱) هستند (بل، ۲۰۰۰: ۴۷). بنابراین تحلیل توزیع فضایی آنها در راستای مدیریت مسائل محیطی، می‌تواند بسیار راهگشا باشد.

برای رسیدن به هدف مورد نظر، ابتدا بایستی بدانیم، لس چیست؟ پراکندگی نهشته‌های لسی در ایران چگونه است؟ پراکندگی نهشته‌های مذکور در منطقه مورد مطالعه به چه شکل است؟

لس‌ها، رسوباتی بادی هستند که جزء غالب آنها را دانه‌هایی در اندازه سیلت (قطر ۶۲۵/۰ تا ۲ میلی‌متر) تشکیل می‌دهد. دو ویژگی گفته‌شده، شرط لازم و کافی برای شناسایی رسوب‌های لسی هستند؛ ولی رنگ، کانی‌شناسی و ترکیب ژئوشیمیایی دانه‌ها بستگی به منشأ آنها دارد و در دسته ویژگی‌های اصلی به‌شمار نمی‌روند (پای، ۱۹۹۵). اگرچه به‌صورت عمومی، کوارتز و کانی‌هایی مانند میکا را کانی‌های غالب در رسوب‌های لسی در نظر می‌گیرند، ولی رسوب‌های لسی سرشار از گچ در اسپانیا، لس‌هایی با منشأ خاکسترهای آتشفشانی در اکوادور و لس‌هایی با مقادیر زیاد اکسیدهای آهن در برزیل نیز گزارش شده‌اند (ایریوندو و کرولینگ، ۲۰۰۷).

برای تشکیل رسوب‌های لسی چند شرط لازم است که عبارتند از: فراهم‌بودن منشأ سیلت، بادهای جهت‌دار و مداوم و محل مناسب برای به‌دام‌افتادن رسوب‌های سیلتی (پای، ۱۹۹۵). در هر مکانی که این سه شرط وجود داشته باشد، می‌توان انتظار وجود لس را داشت. در گذشته به‌دلیل واقع‌شدن پهنه‌های لسی گسترده در کنار یخچال‌های قاره‌ای، تصور می‌شد که سایش یخچالی، عامل اصلی تولید سیلت است. این در حالی است که در ژئومورفولوژی جدید منشأ کلیه رسوبات را فرایندهای آغازین^۲ می‌دانند. بنابراین می‌توان چنین استدلال کرد که نهشته‌های لسی فارغ از عوامل حمل و نوع سنگ اولیه‌شان، تحت تأثیر فرایندهای یخ‌شکافتی، دماشکافتی و نمک‌شکافتی ایجاد شده‌اند.

در گذشته به‌دلیل تصور نادرست در مورد منشأ سیلت (فقط سایش یخچالی)، وجود لس در مناطق خشک و بیابانی مورد تردید بود، ولی تبیین فرایندهای تشکیل سیلت و یافتن رسوب‌های لسی در حاشیه بیابان‌ها، باعث تغییر دیدگاه‌ها درباره تشکیل آنها شده است. در حال حاضر، نهشته‌های لسی بر اساس محل تشکیل به رسوبات لسی یخچالی یا حاشیه یخچالی (مانند رسوب‌های لسی اروپا)، کوهستانی یا حاشیه کوهستانی (مانند لس‌های چین) و بیابانی یا حاشیه بیابانی (مانند لس‌ها در عرض‌های جغرافیایی پایین) تقسیم می‌شوند. رسوب‌های لسی حدود ۱۰ درصد از سطح قاره‌ها را پوشانده و اغلب در عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۶۰ درجه نیمکره شمالی، موسوم به کمربند لس قرار دارند (پای، ۱۹۹۵). توده‌های وسیعی از لس در آسیای مرکزی (چین)، اروپا، آمریکای شمالی و آمریکای جنوبی وجود دارد (پیدویرنی، ۲۰۰۶).

در ایران، وجود رسوب‌های لسی گسترده و ضخیم در شمال کشور و رسوب‌هایی با ضخامت کمتر و به‌صورت پراکنده در پهنه کپه‌داغ به‌اثبات رسیده است. لس‌های جنوبی دریای کاسپین با توجه به شباهت‌هایی در اندازه دانه‌ها، کانی‌شناسی و ترکیب ژئوشیمیایی با انواع اروپایی و آسیای مرکزی، بخشی از کمربند لس اوراسیا شمرده می‌شوند که از شمال غربی اروپا تا آسیای مرکزی و چین گسترده شده است (فرنچ، ۲۰۰۹).

1. Collapse

۲. آب‌شکافتی، یخ‌شکافتی، نمک‌شکافتی، دماشکافتی، انحلال، اکسیداسیون و هیدرولیز.

در سال‌های اخیر به وجود نهشته‌های لسی در سایر مناطق ایران نیز اشاره شده است. کهل (۲۰۰۹)، وجود لس‌ها و شبه‌لس‌ها در منطقه تخت جمشید را مطرح کرده‌اند (فرنچ، ۲۰۰۹). پاشایی (۱۳۷۶) اعتقاد دارد شکل‌گیری نهشته‌های لسی هرچند به میزان بسیار محدودتر، هنوز هم در دشت‌های سیستان و بلوچستان، خوزستان و مناطق مشابه دیگر ادامه دارد. درویش‌زاده نیز به احتمال وجود لس در حاشیه بیابان‌های کاشان، یزد، جنوب مکران و سیستان و بلوچستان اشاره کرده است (کریمی، خادمی و جلالیان، ۱۳۹۰).

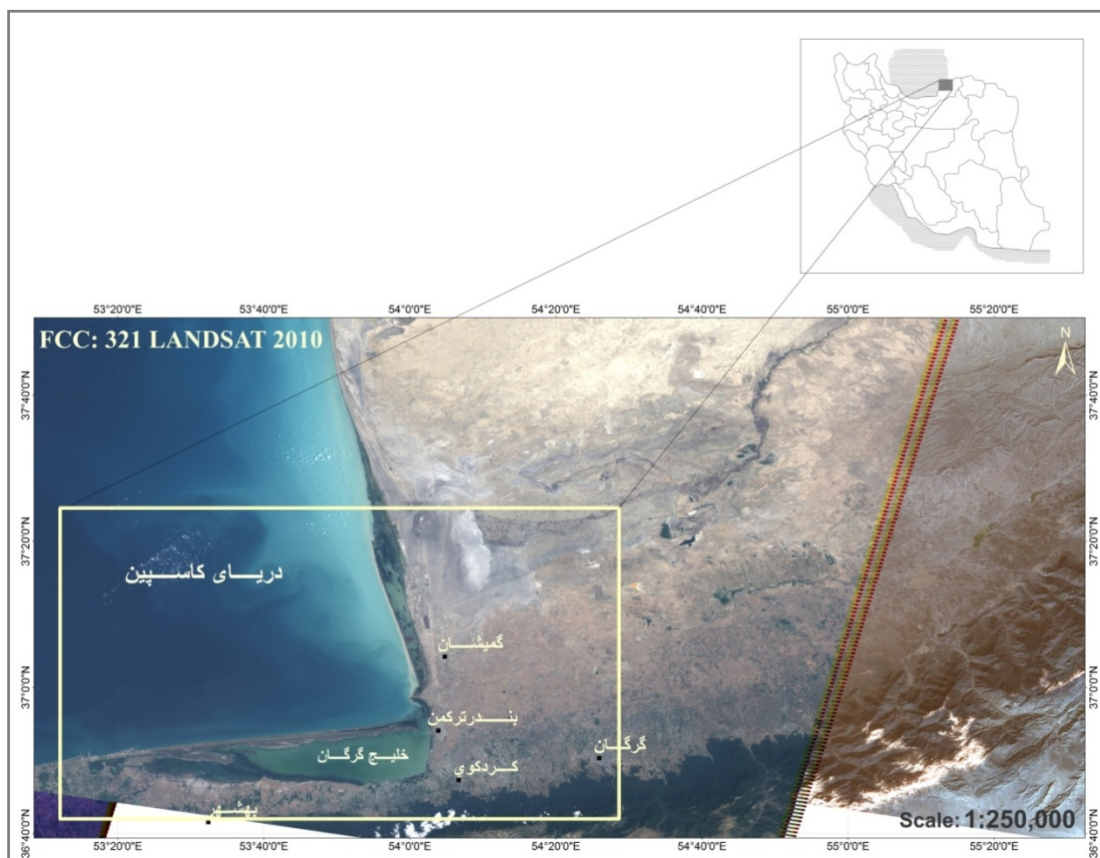
در مورد منشأ اصلی رخساره‌های لسی واقع در شمال شرق ایران، نظرات متفاوتی وجود دارد. لطیف (۱۳۷۶) با اشاره به شواهدی چون، مجاورت تجمع نهشته‌های لسی با سیستم‌های رودخانه‌ای محلی، کاهش تدریجی در اندازه ذرات با حرکت در امتداد جهت‌های غرب به شرق، شمال غربی به جنوب شرق و شمال به جنوب و همچنین پراکندگی ارتفاعی این نهشته‌ها، چنین برداشت کرده است که لس‌های شمال ایران از فاصله به نسبت کوتاهی حمل شده‌اند و بیشتر از دشت‌های سیلابی محلی منشأ می‌گیرند. اسدی، مور و کشاورزی (۲۰۱۳) با توجه به ویژگی‌های کانی‌شناسی، بافت، ژئوشیمیایی و هوازدگی نهشته‌های لس در استان گلستان، بر این باورند که لس‌های منطقه مذکور ترکیب شیمیایی یکنواختی را نمایش می‌دهند، بنابراین تاریخ تغییر و تحول مشابهی دارند. از سویی، میکروگراف‌های اسکن الکترونی از دانه‌های کوارتز این نهشته‌ها، نشان می‌دهد که فراوانی ذرات کوارتز در اندازه سیلت، نتیجه سایش یخچالی مربوط به اواخر دوره پلیستوسن در آسیای مرکزی است. این سیلت‌ها از آسیای مرکزی به همراه باد و فرایندهای مجاور یخچالی به این مکان رسوبی منتقل شده‌اند و توپوگرافی محلی شمال ایران، همچون مانعی بزرگ برای به دام انداختن ذرات موجود در هوا عمل کرده است.

سن نهشته‌های لسی تپه‌های پایکوهی البرز با استفاده از روش‌های زمان‌سنجی، شش هزار سال برآورد شده است. کهل بر پایه سن‌سنجی و ارتباط فازهای آب‌وهوایی با پروفیل‌های دانه‌های گرده از دریاچه زریبار و ارومیه، به این نتیجه رسیده است که این نهشته‌های لسی مربوط به دوره کواترنری میانی و بالایی بوده و چرخه‌های یخچالی - میان‌یخچالی را طی کرده است (کهل، ۲۰۰۹). به بیان دیگر می‌توان گفت، در طول دوره‌های یخچالی پلیستوسن، این بخش از شمال ایران یک منطقه پهناور از تجمع رو به افزایش ذرات بادی و سازندهای لسی بوده که دامنه‌ها و میان‌آب‌های پایکوهی را به صورت گسترده‌ای پوشانده بوده است. بنابراین دوره‌های سرد یخچالی، زمان تشکیل و انباشته‌شدن رسوب‌های لسی بوده و در دوره‌های بین یخچالی تشکیل لس متوقف‌شده و خاک‌های قدیمی روی رسوب‌های لسی تشکیل شده‌اند. سن‌یابی لایه‌های متناوب لس و خاک‌های قدیمی، این فرضیه را به اثبات رسانده است (کریمی، خادمی و جلالیان، ۱۳۹۰).

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه محدوده‌ای از ساحل شرقی و جنوبی دریای کاسپین، از مصب رودخانه نکا تا مصب رودخانه اترک است که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱). منطقه مذکور از نظر تقسیم‌بندی ساختاری رایج ایران‌زمین، در پهنه

البرز و گرگان - رشت واقع شده است و از نظر تقسیم‌بندی واحدهای ژئومورفیک ایران، بخشی از منطقه جزء زیرواحد البرز و بخشی دیگر جزء زیر واحد کپه‌داغ - هزار مسجد است.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در پژوهش پیش رو از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ساری، بهشهر، گرگان و همچنین نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گنبد کاووس^۱ و سه فریم از تصاویر ماهواره‌ای لندست^۲ مربوط به سال ۲۰۱۱، مدل ارتفاع رقومی منطقه^۳ با قدرت تفکیک زمینی ۳۰ متر و همچنین نقشه کاربری اراضی استفاده شده است. در راستای تکمیل مطالعات، بازدیدهای میدانی انجام شده در خردادماه ۱۳۹۱، بسیار راهگشا بوده است. پس از بررسی‌های اولیه با استفاده از داده‌های موجود، نقشه پراکندگی نهشته‌های لسی تهیه شد. در ادامه با استفاده از نقشه مذکور و لایه‌های ارتفاع، شیب و کاربری اراضی،

۱. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گمیشان در دسترس نبوده است.

2. L5164035- 03520110319 , L5163034- 03420110718 , L5162034- 03420110727

۳. مدل ارتفاعی رقومی منطقه از نقشه‌های توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده است.

تحلیل‌های مکانی مورد نیاز در نسخه دهم نرم‌افزار Arc GIS انجام گرفت. در نهایت با بهره‌گیری از نتایج به‌دست‌آمده، نقش نهشته‌های لسی در سیستم‌های شکل‌زایی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

بررسی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی، مشاهدات میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای، بیانگر آن است که بخش گسترده‌ای از منطقه مطالعاتی را رسوب‌های عهد حاضر پوشانده است. نهشته‌های کواترنری در منطقه مذکور را می‌توان به چهار نوع رسوب‌های دریایی کواترنر، نهشته‌های آبرفتی، واریزه‌ها و زمین‌لغزه‌ها و نهشته‌های بادی تقسیم کرد که در ادامه توضیحاتی پیرامون هر کدام مطرح شده است.

رسوبات دریایی کواترنر

در نهشته‌های دریایی کواترنری منطقه مذکور (به‌ویژه دشت گرگان)، دگرشیبی آشکاری بین ردیف‌های کواترنری و ترشیری وجود ندارد که البته به شرایط استثنایی شمال ایران اشاره دارد^۱. ویژگی‌های سنگ‌شناسی و زیستی این منطقه مشابه ردیف‌های کشورهای آذربایجان و ترکمنستان است و برش نمونه آنها در کشورهای همجوار واقع شده است. سازندهای دریایی کواترنری منطقه از سه سازند آپشرون (آبشوران)، لایه‌های باکو و لایه‌های پس از باکو تشکیل شده است (درویش‌زاده، ۱۳۸۳).

نهشته‌های آبرفتی

این نهشته‌ها شامل مواد فرسایشی هستند که از دامنه ارتفاعات تا نواحی پست دشت‌ها گسترده شده‌اند (مانند مخروط‌افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی). در منطقه مورد مطالعه، به دلیل وجود رودخانه‌ها، آبرفت‌های رودخانه‌ای عهد حاضر را نیز می‌توان مشاهده کرد که این آبرفت‌ها جوان‌ترین واحد زمین‌شناسی منطقه به‌شمار می‌روند.

واریزه‌ها و زمین‌لغزه‌ها

این نهشته‌ها شامل بهمن‌های سنگی و زمین‌لغزش‌ها هستند. بهمن‌های سنگی دربرگیرنده قطعه‌سنگ‌هایی از جنس واحد آهکی لار و واحد آهکی کرتاسه زیرین هستند. این نهشته‌ها در فرادیواره گسل خزر و روی سازند شمشک، رخنمون دارند و از نظر سنی مربوط به پلیستوسن زیرین هستند. واریزه‌های حاصل از زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شود. شرایط اقلیمی و زمین‌شناختی، موجب رخداد زمین‌لغزه‌های بسیاری در این منطقه می‌شود که به دلیل کوچک‌مقیاس بودن، در نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ثبت نشده‌اند، اما در بازدیدهای میدانی مشاهده می‌شوند (شکل ۲).

۱. در سایر مناطق ایران، در این بخش، دگرشیبی مشخصی وجود دارد که معرف بیرون آمدن مناطق از زیر آب، دربی رخداد زمین‌ساختی آلپ پایانی است.



شکل ۲. نمایی از زمین لغزش‌های کوچک مقیاس در منطقه مورد مطالعه

نهشته‌های بادی

در نواحی به نسبت مسطح دامنه‌های شمالی البرز و حوضه‌های بسته داخلی، نهشته‌های کواترنری بیشتر از نوع رسوب‌های بادی هستند. این نهشته‌ها مواد فرسایشی‌ای در اندازه ماسه یا کوچکترند که به وسیله باد حمل شده‌اند. در منطقه مورد مطالعه دو دسته رسوب‌های بادی، شامل تپه‌های ماسه‌ای ساحلی و نهشته‌های لسی مشاهده می‌شوند. تپه‌های ماسه‌ای ساحلی را به صورت رشته‌های طولی به ارتفاع ۲۰ متر، در امتداد ساحل جنوبی دریای خزر و در بخشی از منطقه مورد مطالعه که در استان مازندران واقع شده است، می‌توان دید (شکل ۳). در تپه‌های ماسه‌ای ساحلی، افزون بر ذرات سیلیسی، خرده‌های صدف نرم‌تنان نیز مشاهده می‌شود.



شکل ۴. تپه‌های لسی پوشیده از پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی



شکل ۳. نمایی از تپه‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه

نهشته‌های لسی سطح گسترده و چشمگیری از منطقه مورد مطالعه را پوشانیده‌اند، به گونه‌ای که ضخامت آنها در دیواره‌های دره اترک (شکل ۵) به ۵۰ متر می‌رسد و فاقد لایه‌بندی هستند. در دره نکارود و حوالی گرگان نیز ضخامت قابل توجهی از لُس وجود دارد و چون لُس‌های این مناطق از سیلت و رس تشکیل شده‌اند، توانایی جذب و حفظ رطوبت زیادی دارند و زمین‌های زیر پوشش آنها برای کشاورزی مناسب است (شکل ۴). از دیگر رخنمون‌های نهشته‌های لسی در منطقه مذکور، تپه‌های لسی اطراف مراوه‌تپه است (شکل ۶).

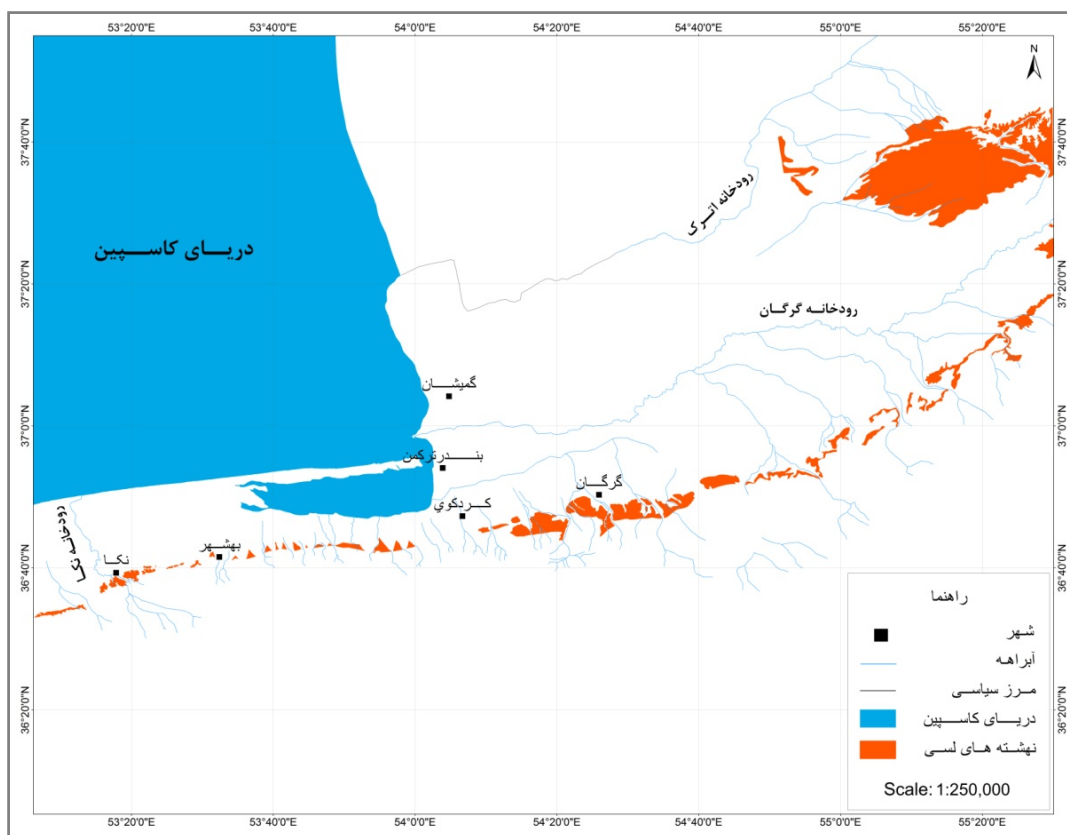


شکل ۵. نهشته‌های لسی در دیواره رود اترک



شکل ۶. تپه‌های لسی اطراف مراوه‌تپه (خرداد ماه ۱۳۹۱)

نقشه پراکندگی مکانی نهشته‌های لسی در منطقه مورد مطالعه با توجه به داده‌های موجود و بازدیدهای میدانی ترسیم شده است (شکل ۷).



شکل ۷. نقشه پراکندگی نهشته‌های لسی در منطقه مورد مطالعه

همان گونه که در نقشه پراکندگی مکانی نهشته‌های لسی مشهود است، لس‌های این منطقه را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد، یکی منطقه‌ای بین رودهای گرگان و اترک در استان گلستان و دیگری تپه‌های پایکوهی دامنه‌های شمالی کوه البرز که در مجموع پهنه‌ای برابر با ۱۰۱۱ کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه را پوشانده‌اند. نکته قابل توجه اینکه هر سه حوضه‌های رودهای نکا، گرگان و اترک نیز، در قسمت بالادست از نهشته‌های لسی پوشیده شده‌اند. در حرکت از گنبد به سمت مراوه‌تپه در دره گرگان‌رود، دیواره‌های ضحیمی از لس دیده می‌شود. گرگان‌رود اکثر اوقات گل‌آلود است؛ زیرا تمام دیواره‌های بالادست آن از جنس لس است. در زمان وقوع بارندگی، این نهشته‌ها در اثر فرسایش آبی، به سرعت با آب حمل می‌شوند. در مورد فرسایش آبی لس‌ها با توجه به اینکه جزء غالب آنها سیلت است، می‌توان به ضریب فرسایش‌پذیری (K) در معادله جهانی فرسایش^۱ اشاره کرد. ویشمایر و مایرینگ در مطالعه‌ای که نتیجه‌سی سال کار میدانی آنها بوده است، در محاسبه ضریب فرسایش‌پذیری (K) اشاره می‌کنند که با افزایش درصد سیلت، فرسایش به شدت افزایش می‌یابد (رفاهی، ۱۳۸۲: ۷۱). بنابراین فرسایش‌پذیری بالای لس‌ها در مواجهه با آب، دور از انتظار نیست؛ در واقع در اثر برخورد قطره‌های باران با نهشته‌های لسی - که بسیار ریزدانه و سست هستند - دانه‌های لس جدا شده و به راحتی با آبهای جاری حمل می‌شوند. وجود فرسایش‌های خندقی در لس‌های این منطقه بسیار متداول است (شکل ۸).

1. USLE (Universal Soil Loss Equation)

از دیگر فرسایش‌های متداول لس‌ها، فرسایش پایپینگ^۱ است (شکل ۹). این سیستم‌های لوله‌ای که به صورت عمودی در خاک‌های لسی توسعه می‌یابند، گاهی آنقدر گسترده می‌شوند که آنها را کارست کاذب^۲ می‌نامند. این لوله‌ها ممکن است به صورت زیرسطحی و موازی با شیب سطحی ادامه یابند و گاهی می‌توانند قطری بیش از ۲ متر داشته باشند (بل، ۲۰۰۰). در بازدیدهای میدانی از منطقه مورد مطالعه، در ۱۲۰ کیلومتری گمیشان، باز هم آب گرگان رود به شدت گل‌آلود بود (شکل ۱۰). از دیگر مواردی که در مشاهدات میدانی مورد توجه قرار گرفت، وجود تپه ماهورهای لسی در اطراف مراوه‌تپه و همچنین دیواره‌های لسی عظیم و زیبای رود اترک بود (شکل ۱۱).



شکل ۹. نمایی از فرسایش پایپینگ در نهشته‌های لسی



شکل ۸. نمایی از فرسایش خندقی در نهشته‌های لسی



شکل ۱۰. رود گرگان (خرداد ماه ۹۱)

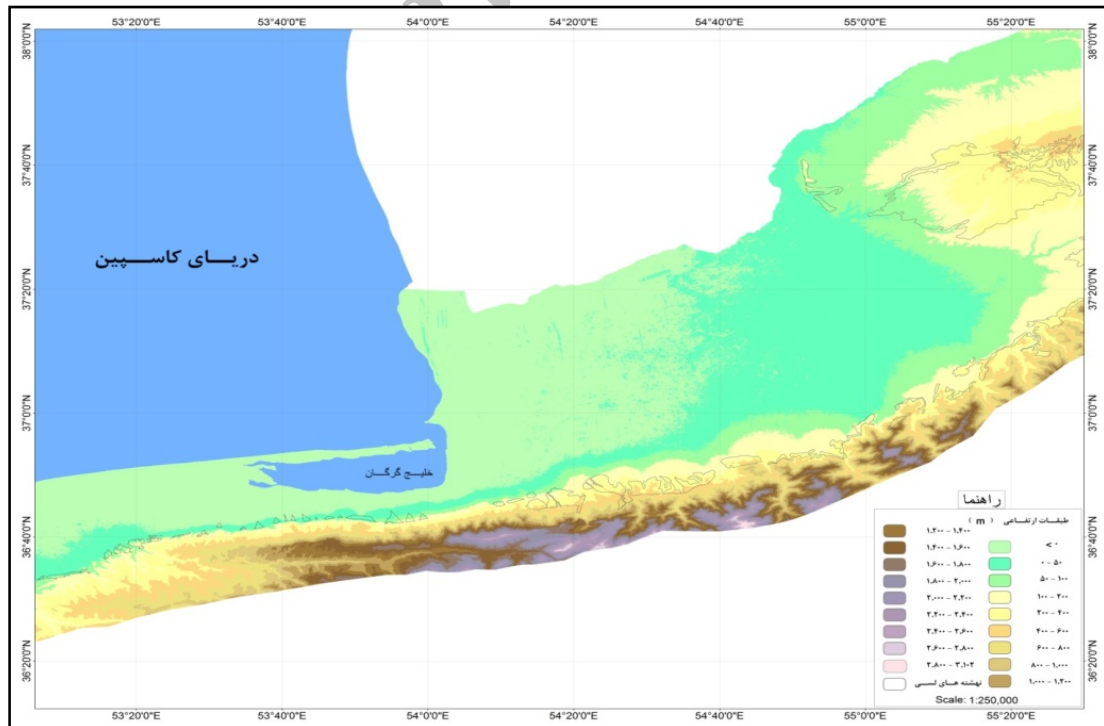
1. Piping
2. Pseudo karst



شکل ۱۱. دیواره های لسی رود اترک (خرداد ماه ۹۱)

تحلیل‌های مکانی پراکندگی نهشته‌های لسی

با توجه به نقشه پراکندگی نهشته‌های لسی در منطقه مورد مطالعه (شکل ۷)، نقشه کاربری اراضی و همچنین مدل ارتفاعی رقومی منطقه (شکل ۱۲)، تحلیل مکانی نهشته‌های لسی با توجه به ارتفاع، شیب و همچنین کاربری اراضی در نسخه دهم از نرم‌افزار Arc GIS انجام شد که نتایج آن در جداول ۱ تا ۳ درج شده است.



شکل ۱۲. مدل ارتفاع رقومی منطقه

جدول ۱. پراکندگی ارتفاعی نهشته‌های لسی در منطقه مورد مطالعه

طبقات ارتفاعی	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۰ - ۵۰	۲۵/۳۹	۲/۵۰۹۱
۵۰ - ۱۰۰	۱۲۳/۲۳	۱۲/۱۷۹۷
۱۰۰ - ۲۰۰	۲۳۷/۹۱	۲۳/۵۱۳۲
۲۰۰ - ۳۰۰	۳۰۰/۰۳	۲۹/۶۵۳۱
۳۰۰ - ۴۰۰	۲۴۱/۶۵	۲۳/۸۸۳۲
۴۰۰ - ۵۰۰	۶۱/۱۲	۶/۰۴۰۵
۵۰۰ - ۶۰۰	۱۲/۸۹	۱/۲۷۴۲
۶۰۰ - ۷۰۰	۴/۹۱	۰/۴۸۵۴
۷۰۰ - ۸۰۰	۲/۴۱	۰/۲۳۸۷
۸۰۰ - ۹۰۰	۱/۱۸	۰/۱۱۶۴
۹۰۰ - ۱۰۰۰	۰/۳۶	۰/۰۳۵۴
۱۰۰۰ - ۱۱۰۰	۰/۲۱	۰/۰۲۰۳
۱۱۰۰ - ۱۲۰۰	۰/۲۸	۰/۰۲۷۶
۱۲۰۰ - ۱۳۲۵	۰/۲۳	۰/۰۲۳۲
	۱۰۱۱/۸	۱۰۰

تحلیل ارتفاعی لس‌ها (جدول ۱) نشان‌دهنده آن است که ۸۹ درصد از نهشته‌های لسی در ارتفاعات کمتر از ۴۰۰ متر و فقط ۱۱ درصد در ارتفاعات بالاتر از ۴۰۰ متر قرار گرفته‌اند.

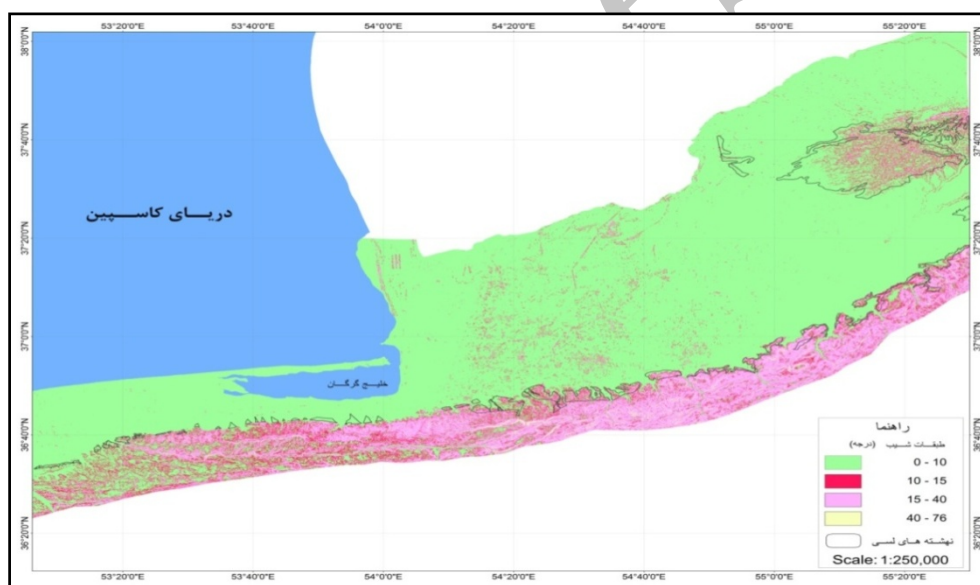
تحلیل پراکندگی نهشته‌های لسی بر اساس شیب (شکل ۱۳ و جدول ۲)، بیانگر آن است که حدود ۸۸ درصد از لس‌ها در شیب‌های ۱ تا ۱۵ درجه واقع شده‌اند که از این میان، حدود ۶۷ درصد در شیب‌های پایین‌تر از ۱۰ درجه و ۲۰ درصد بقیه در شیب‌های ۱۰ تا ۱۵ درجه واقع شده‌اند. با توجه به تمایل بالای لس‌ها به سایش، قرار گرفتن نهشته‌های لسی در ارتفاعات نسبتاً پایین و شیب‌های کم، نتیجه عملکرد فرایندهای رودخانه‌ای در طول زمان است. حضور تپه‌های برش‌خورده، انواع فرسایش‌های شیاری، پاپینگ، خندقی و بدلندها در منطقه، مؤید این واقعیت هستند.

جدول ۲. پراکندگی نهشته‌های لسی منطقه مورد مطالعه با توجه به طبقات شیب

طبقات شیب (درجه)	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۰ - ۵	۳۲۲/۶۳	۳۱/۸۸۶۳
۵ - ۱۰	۳۷۰/۶۶	۳۶/۶۳۳۸
۱۵ - ۱۰	۲۰۰/۰۸	۱۹/۷۷۴۳
۱۵ - ۲۰	۷۹/۳۱	۷/۸۳۸۵
۲۰ - ۳۰	۳۴/۲۷	۳/۳۸۷۲
۳۰ - ۴۰	۴/۳۶	۰/۴۳۱۱
۴۰ - ۵۰	۰/۴۷	۰/۰۴۶۸
۵۰ - ۶۰	۰/۰۲	۰/۰۰۲۱
	۱۰۱۱/۸	۱۰۰

جدول ۳. تحلیلی از پراکندگی نهشته‌های لسی منطقه مورد مطالعه با توجه به کاربری اراضی در منطقه

نام کاربری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد پوشش
کشاورزی	۱۲۱/۵۸	۱۲/۰۰
باغ	۱۰/۲۲	۱/۰۱
جنگل متراکم	۱۳۷/۶۷	۱۳/۶۸
جنگل با تراکم متوسط	۷/۰۱	۰/۶۹
جنگل با تراکم کم	۱۲/۳۷	۱/۲۳
مرتع ضعیف	۱۷۳/۶۳	۱۷/۰۹
مرتع متوسط	۲۵۷/۹۴	۲۵/۵۱
مرتع خوب	۲۰۷/۴۸	۲۰/۴۴
زمین بایر	۸۰/۳۷	۸/۰۲
مناطق شهری	۳/۵۳	۰/۳۵
	۱۰۱۱/۸۰	۱۰۰/۰۰



شکل ۱۳. نقشه شیب منطقه

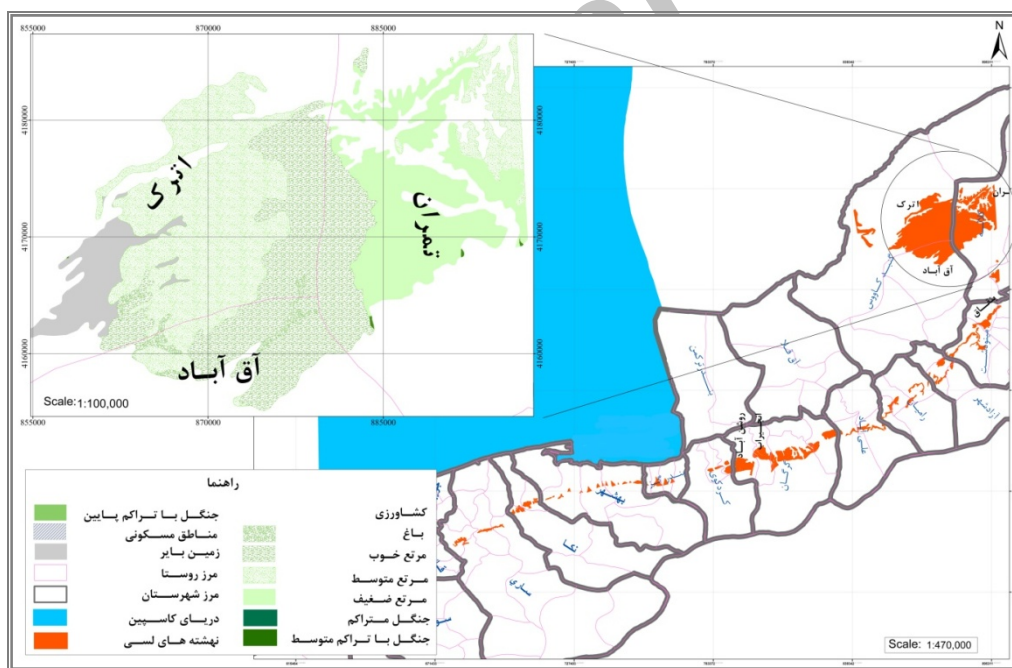
بررسی توزیع مکانی نهشته‌های لسی نسبت به نوع کاربری اراضی، می‌تواند به دست‌یافتن راه حلی برای جلوگیری از فرسایش تشدیدشونده کمک کند. تحلیل پراکندگی نهشته‌های لسی با توجه به کاربری اراضی منطقه (جدول ۳)، حاکی از آن است که در حال حاضر حدود ۱۳ درصد از نهشته‌های لسی تحت فعالیت‌های کشاورزی و باغداری قرار دارد و ۱۵ درصد پوشیده از جنگل است. این درحالی است که کاربری ۶۳ درصد از مناطق لسی شمال کشور مرتع است. بنابراین راه‌کارهای مدیریتی در این زمینه، بایستی در پی روش‌هایی برای جلوگیری از تخریب مراتع و کمک به متراکم شدن آنها باشند.

پیش از این نیز گفته شد، لس‌ها از دسته نهشته‌های مسئله‌ساز هستند؛ به همین دلیل این بخش از پژوهش به‌ارزیابی توزیع مکانی آنها نسبت به روستاها اختصاص داده شده است، تا روستاهای متأثر از مخاطره حضور لس‌ها را

شناسایی کرد. همان‌گونه که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود، بیشترین پوشش سطحی نهشته‌های لسی در پنج روستای اترک، انجیراب، آق‌آباد، تمران، روشن‌آباد و ینقاق قرار دارند (جدول ۴). با آگاهی از نوع کاربری این زمین‌ها در روستاهای مذکور، ضروری است که پیش از اجرای هرگونه طرح توسعه، مسئله حضور لس‌ها مد نظر قرار گیرد.

جدول ۴. روستاهایی که بیشتر در معرض مخاطرات حضور لس‌ها هستند

استان گلستان		
نام روستا	مساحت کل روستا	درصد مساحت پوشیده از لس
اترک	۲۳۲۶/۲۱	۱۵/۴۲
انجیراب	۱۵۹/۷۵	۱۴/۸۴
آق‌آباد	۷۰۵/۶۸	۱۳/۳۲
تمران	۱۰۱۶/۹۴	۲۳/۸۰
روشن‌آباد	۲۰۳/۱۲	۱۶/۲۵
ینقاق	۱۱۲/۵۰	۱۴/۳۹



شکل ۱۴. توزیع فضایی لس‌ها نسبت به روستاها و کاربری اراضی

بحث و نتیجه‌گیری

نهشته‌های لسی شمال ایران، حلقه‌گم‌شده ارتباط بین لس‌های اروپا و آسیای مرکزی به‌شمار می‌روند. این نهشته‌ها در طول دوره‌های یخچالی پلیستوسن ایجاد شده‌اند و از جنس سیلت و رس بوده و اغلب به رنگ نخودی روشن تا مایل به قهوه‌ای دیده می‌شوند. تحلیل پراکندگی نهشته‌های لسی در منطقه مورد مطالعه، نشان‌دهنده آن است که لس‌ها در دو منطقه، یکی بین رودهای گرگان و اترک در استان گلستان و دیگری تپه‌های پایکوهی دامنه‌های شمالی کوه البرز

مشاهده می‌شوند و سطحی در حدود ۱۰۱۱ کیلومترمربع را پوشانده‌اند. با توجه به بازدهی‌های میدانی، به نظر می‌رسد در منطقه مورد بررسی مهم‌ترین فرایند غالب در زمان حال، فعالیت آبهای جاری است که به‌صورت انواع فرسایش شیاری، خندقی و به‌خصوص پایپینگ در چشم‌اندازهای لسی منطقه، قابل مشاهده است. این نهشته‌ها با نسبت‌های مختلف، بالادست حوضه‌های رودخانه‌های نکا، گرگان و اترک را پوشانده‌اند و موجب بالارفتن بار رسوبی آب این رودها شده‌اند و در هنگام طغیان، ویسکوزیته سیلاب‌ها را بالا برده و درنهایت، آثار تخریبی آنها را افزایش می‌دهند.

حضور ۷۷ درصد از نهشته‌های لسی در ارتفاعات ۱۰۰ تا ۴۰۰ متری و رخداد ۸۸/۲۹ درصد از آنها در شیب‌های ۱ تا ۱۵ درجه، نشان‌دهنده فرسایش پذیرگی بالا و مسلط بودن فرایندهای رودخانه‌ای در منطقه مورد مطالعه است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که لس‌های شمال ایران، ابتدا مانند پوششی یکنواخت منطقه را پوشانده بوده‌اند؛ اما با گذشت زمان و توجه به شرایط آب‌وهوایی و خصوصیات ویژه، این نهشته‌ها فقط روی شیب‌های فرسایش‌یافته، پشت تاقدیس‌ها، تپه‌ها و دامنه‌های کم‌شیب، به‌صورت کلاک باقی مانده‌اند. البته در دیواره‌های برش‌خورده دره رودها نیز می‌توان آنها را مشاهده کرد.

تحلیل پراکندگی نهشته‌های لسی با توجه به کاربری اراضی در منطقه مورد بررسی، حاکی از آن است که در حال حاضر بخش پهناوری (۶۳ درصد) از نهشته‌های لسی پوشیده از مراتع هستند. ضخامت قابل توجه لُس‌ها در این منطقه و تشکیل شدن آنها از سیلت و رس - که دارای توان جذب و حفظ رطوبت بالایی هستند - و همچنین رخداد درصد بالایی از آنها در شیب‌های پایین، سبب شده است که زمین‌های زیر پوشش آنها برای کشاورزی بسیار مناسب باشند و به‌طور مستمر زیر کشت قرار بگیرند. این وضعیت اغلب با شیارکشی و شخم زمین‌ها در امتداد شیب همراه است که به‌طبع، موجب افزایش رخداد فرسایش خندقی نیز شده است. نوع کاربری اراضی لسی، سبب فرسایش بسیار بالای حوضه‌های این منطقه شده است که خود یک مخاطره پنهان به‌شمار می‌رود. بنابراین به نظر می‌رسد بهترین راهکار برای جلوگیری از شدت یافتن فرسایش، وضع و اعمال قوانینی در راستای جلوگیری از تخریب مراتع و کمک به متراکم‌شدن آنها است.

نظر به اینکه حدود ۱۳ تا ۲۸ درصد از مساحت روستاهای تمران، روشن‌آباد، اترک، انجیراب، ینقاق و آق‌آباد از لس پوشیده شده‌اند، بنابراین برای جلوگیری از هر نوع مخاطره محیطی، بایستی برنامه مناسبی برای نوع کشاورزی، مدل‌های آبیاری و نوع زهکشی آب در این مناطق اندیشیده شود. همچنین هرگونه طرح توسعه‌ای در این منطقه، از جمله احداث سازه‌های ساختمانی، جاده و مانند اینها نیز، بایستی با بررسی‌های دقیق و استفاده از روش‌های مختلف متراکم‌سازی لس‌ها همراه باشد.

درنهایت می‌توان گفت، نهشته‌های لسی منطقه جنوب و شرق دریای خزر، نه تنها نقش مؤثری در سیستم‌های شکل‌زایی (ایجاد لندفرم‌ها و چشم‌اندازهای منطقه) دارند؛ بلکه به‌دلیل برخورداری از ویژگی‌های خاص، می‌توانند خواستگاه مخاطره‌هایی نیز باشند، بنابراین بررسی توزیع مکانی آنها می‌تواند در راستای مدیریت توسعه محیط و پیشگیری از مخاطرات احتمالی بسیار کمک‌کننده باشد.

منابع

- امینی، آ. (۱۳۷۴). مطالعه بر خاستگاه و مکانیزم رسوب‌زایی لس‌ها در حوزه آبخیز قره‌تیکان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تهران.
- پاشایی، ع. (۱۳۷۶). بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و چگونگی خاستگاه رسوب‌های لسی در منطقه گرگان و دشت. مجله علوم زمین، سال ششم، شماره ۲۳ و ۲۴، صص. ۶۷-۷۸.
- ثروتی، م. ر.؛ قدوسی، ج.؛ تیموری یانسری، ز. (۱۳۸۸). ژئومورفولوژی لس‌های منطقه یلی بدراق شمال شرق استان گلستان، شمال شهرستان کلاله. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۳، صص. ۹۷-۱۱۴.
- درویش‌زاده، ع. (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران. چاپ چهارم، تهران: مؤسسه انتشارات امیر کبیر.
- رفاهی، ح. (۱۳۷۸). فرسایش آبی و کنترل آن. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- کریمی، ع. ر.؛ خادمی، ح.؛ جلالیان، ا. (۱۳۹۰). لس؛ ویژگی‌ها و کاربردها برای مطالعات اقلیم گذشته، فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال چهل‌وسوم، شماره ۷۶، صص. ۱-۲۰.
- لطیف، ا. (۱۳۷۶). پراکندگی، منشأ، سن و آثار دیپزینة اقلیم لس‌ها در شمال مرکزی ایران، مجموعه مقالات سمپوزیوم بین‌المللی لس نیوزلند، ترجمه محمدرضا ثروتی و رضا اسماعیلی، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱، صص. ۱۰۵-۱۱۸.
- Amini, A., 1995, **Brkhastgah and Mechanism of Loess Deposits - in Ghare Tykan Basin**, MSc Thesis, Faculty of Science, Tehran University.
- Asadi ,S., Moore, F., Keshavarzi, B., 2013, **The Nature and Provenance of Golestan Loess Deposits in Northeast Iran**, Geological Journal , Vol. 48, No. 6, PP. 646- 660.
- Bell, G, F., 2000, **Engineering Properties of Soils and Rocks**, Fourth Edition, Blackwell Science, Great Britain.
- Darvish Zadeh, A., 2004, **Geology of Iran**, Fourth Edition, the Institute of Amir Kabir Publications, Tehran.
- Frechen, M., 2009, **Loess Chronology in Iran**, Articles Collections of Eleventh Soil Science Congress in Iran, 17July, Gorgan, Iran.
- Frechen, M., Kehl, M., Rolf, C., Sarvati, R., Skowronek, A., 2009, **Loess Chronology of the Caspian Lowland in Northern Iran**, Quaternary International, Vol. 198, PP. 220-233.
- Iriondo, M.H., Kröhling, D.M., 2007, **Non-classical Types of Loess**, Sedimentary Geology, Vol. 202, No. 3, PP. 352-368.
- Karimi, A., Khademi, H., Jalalian, A., 2011, **Loess: Characteristics and Implications in Paleoclimate Studies**, Journal of Physical Geography, Vol. 43, No. 76, PP. 1-20.
- Kehl, M., 2009, **Nature, Age, Paleoclimatic Implication of Loess-soil Sequence in Northern Iran**, Articles Collections of Eleventh Soil Science Congress in Iran, 17-19 July, Gorgan, Iran.
- Lateef, A.S.A., 1987, **Distribution, Provenance, Age and Paleoclimatic Record of North Central of Iran**, Proceedings of an International Symposium on Loess, New Zealand, Balkema, Rotterdam, February 1987, PP. 14-21.
- Pashaie, A., 1997, **Study of Physical and Chemical Characteristics and the Source of Loess Deposits in Gorgan-plain Regin**, Journal of Earth Sciences, Vol. 6, No. 23-24, PP. 67-78.
- Pidwirny, M., 2006, **Eolian Processes and Landforms**, Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10ah.html>.
- Pye, K., 1995, **The Nature, Origin and Accumulation of Loess**, Quaternary Science Reviews, Vol. 14, No. 7-8, PP. 653- 667.
- Refahi, H., 1999, **Water Erosion and Conservation**, Tehran University Publications, Tehran.
- Servati, M.R., Ghodosi, J., Teymori Yansari, Z., 2009, **Geomorphology of Loesses in Yali Badragh Region , North of Kolale Country, North East of Golestan Province**, Journal of Physical Geography, Vol. 1, No. 3, PP. 97-114.