پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد در حوضه آبریز لیقوان چای[1]

فریبا کرمی[1*]، مریم بیاتی خطیبی[2]، هاشم رستم‌زاده[3]

۱- استادیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- استادیار گروه پژوهشی جغرافیا، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۸٤/۳/۱۸ پذیرش: ۸۵/۷/۱٦

چکیده

حوضهٔ آبریز لیقوان‌چای در دامنه شمالی توده کوهستانی سهند واقع شده‌است. تحول این حوضه، خصوصاً در کواترنر جدید، جدا از تحول مخروط آتشفشانی سهند نیست. به‌دلیل حاکم بودن سیستم فرسایشی پریگلاسیر و رودخانه‌ای در دامنه شمالی این توده کوهستانی، وقوع حرکات دامنه‌ای، جریانهای رودخانه‌ای و سیلابی، از عمده‌ترین پدیده‌های مورفوژنیک و مخاطرات ژئومورفولوژیک حوضهٔ آبریز لیقوان‌چای می‌باشند که علاوه بر اینکه سکونتگاههای روستایی و شهری را تهدید می‌کنند، از تنگناهای ژئومورفولوژیکی موجود، بر سر راه برنامه‌های عمرانی منطقه نیز محسوب می‌شوند. پژوهش حاضر به بررسی و پهنه‌بندی حرکات توده‌ای مواد در حوضه زهکشی لیقوان می‌پردازد و نتیجهٔ آن، از طریق ارائه نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد و ممیزی مناطق پرخطر ـ کم خطر سعی دارد، برنامه‌ریزان و مدیران اجرایی را به سوی برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح کاربری زمین سوق دهد. به‌این ترتیب، توسعهٔ بخشهای مسکونی، کشاورزی، صنعتی و غیره در اراضی دور از مخاطرات ژئومورفولوژیکی تا حدودی امکانپذیر خواهد شد. نقشه پهنه‌بندی خطر

---

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail :fkarami@tabrizu.ac.ir

۱. مقاله حاضر، مستخرج از طرح تحقیقاتی، «پژوهش در مخاطرات ژئومورفولوژیک دامنه شمالی توده کوهستانی سهند» می‌باشد که با همکاری مدیریت پژوهشی دانشگاه تبریز اجرا شده است.

حرکات توده‌ای مواد، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، داده‌های سنجش از دور(تصاویر ماهواره‌ای ETM ، ۲۰۰۲) و بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] شامل نرم‌افزارهای ARC/GIS و ARC/VIEW و براساس هشت متغیر(شیب، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از روستا یا شهر، لیتولوژی، کاربری زمین و بارش) ارائه شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در حدود ۳۶/۱۱ درصد منطقهٔ مطالعاتی از نظر استعداد وقوع حرکات توده‌ای مواد در محدوده خطر متوسط تا بسیار شدید قرار دارند و ٦٤/٦٦ درصد زمین لغزشها در همین محدوده اتفاق افتاده است.

کلید واژه‌ها: مخاطرات ژئومورفولوژی،پهنه‌بندی خطر، حرکات توده‌ای مواد، توده آتشفشانی سهند، حوضه آبریز لیقوان، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

۱- مقدمه

حرکتهای توده‌ای مواد[2] ، بخشی از فرایندهای دامنه‌ای و مخاطرات ژئومورفولوژیک است که هر ساله در نقاط مختلف جهان و کشور ایران رخ داده و خسارتهای جانی، مالی و زیست محیطی قابل توجهی به‌بار می‌آورند[۱، ص۱٤۸]. کشور ایران نیز به لحاظ موقعیت جغرافیایی، ویژگیهای توپوگرافی، زمین‌شناسی و اقلیمی در زمرهٔ مناطق با توان بالای وقوع حرکات توده‌ای قراردارد؛ به‌طوری‌که براساس براوردهای اولیه، سالیانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارتهای مالی ازطریق وقوع حرکتهای توده‌ای و زمین‌لغزشها بر کشور وارد می‌شود. همچنین بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که تا اوایل سال ۱۳۷۸ هـ .ش. وقوع حدود ۲۵۹۰ زمین‌لغزش در کشور باعث مرگ ۱۶۲ نفر، ایجاد خسارتهای مالی به میزان

1. GIS

۲. حرکات توده‌ای به حرکت رو به پایین و به سمت خارج مواد تشکیل‌دهنده دامنه از قبیل سنگ، خاک یا مخلوطی از این مواد در روی دامنه اطلاق می‌شود[۲،ص ۱۳۰] و شامل لغزشها(slides)، ریزشها(Fall)، جریانها(Flows)، واژگونها(Toppls) و غیره می‌باشد [۳،ص ۱۰۹]. بزرگی آنها از حرکتهای کوچک پیوستهٔ همراه با خزش خاک تا لغزشهای سریع و فاجعه‌بار زمین و سقوط بهمن تغییر می‌کند[٤،ص۱۳۷]. این حرکات موجب تخریب گسترده و فراوان، قطع راههای ارتباطی و زیرساختهای بشر می‌شود و هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی را به‌بارمی‌آورد[٤، ص٤۳۷].

۱۸٦٦ میلیارد ریال، تخریب ٦٧٦٣ هکتار جنگل، تخریب ۱۷۰ کیلومتر راه ارتباطی و ایجاد رسوب سالیانه‌ای به حجم ۹٦۳۸۰۷ متر مکعب شده است [۱،ص ۱٤۸].

حرکات توده‌ای در توده کوهستانی سهند ـ که از ناهمواریهای مرتفع و مرکزی فلات آذربایجان است ـ به‌دلیل حاکم بودن سیستم مورفوژنز پریگلاسیر و فرایندهای فلوویال، از عمده‌ترین پدیده‌های مورفوژنیک می‌باشد که مراکز سکونتی را در حواشی این کوهستان و بخشهای کشاورزی، دامداری و تأسیسات صنعتی مستقر در پایکوه‌ها و دشتهای مشرف به این ناهمواری تهدید می‌کند. با توجه به اینکه، تحول حوضه آبریز لیقوان چای در دامنه شمالی سهند، جدا از تحول توده آتشفشانی مزبور نیست، به نظر می‌رسد در اثر فعالیت عوامل مورفوژنز مانند وضعیت آب و هوایی، ویژگیهای توپوگرافی، وضعیت زمین‌شناسی، سیستمهای فرسایشی و غیره، این حوضه از پتانسیل و توان بالای وقوع حرکات توده‌ای برخوردار است؛ از سوی دیگر، با توجه به استعدادهای طبیعی بالا و ظرفیتهای بالقوهٔ موجود در دامنه شمالی کوهستان سهند و با توجه به نیازی که به بهره‌برداری از این امکانات در سطح منطقه وجود دارد، متأسفانه در سالهای اخیر، بدون مطالعه و توجه به محدودیتها در نواحی و مکانهای حساس منطقه مطالعه شده به برنامه‌ریزی، سرمایه‌گذاری و اجرای برنامه‌های عمرانی اقدام شده است. به‌طوری که آثار زیانبار آن به صورت وقوع انواع حرکات توده‌ای در منطقه آشکار می‌شود؛ برای مثال، به‌دلیل چگونگی مساعد آب وهوایی و چشم‌اندازهای طبیعی زیبا، منطقه از جاذبه‌های توریستی بیشماری برخوردار است. همین امر، احداث و گسترش راههای ارتباطی، افزایش ساختمان‌سازی و ویلاسازی، استقرار مراکز تفریحی و غیره را روی دامنه‌ها و درهٔ لیقوان چای در پی داشته است. این‌گونه فعالیتهای شتابزده بدون شناخت دینامیک محیط طبیعی، موجب تشدید بروز پدیده‌هایی مانند حرکات توده‌ای مواد دامنه‌ای در منطقه مطالعه شده است؛ به‌طوری که پدیدهٔ سنگ‌ریزش و ریزش واریزه‌ای، راههای ارتباطی جدید را با مخاطره مواجه ساخته است. وقوع لغزشهای چرخشی نیز مساکن واقع در کنارهٔ آبراهه‌ها بویژه آبراهه اصلی لیقوان چای را تهدید می‌کنند. به علت شیوه‌های ناصحیح زراعت، تعداد وقوع لغزش در مزارع واقع روی دامنه‌ها نیز به‌سرعت در حال افزایش می‌باشد. قطعاً در آینده نزدیک، ادامه چنین روندی منطقه را از نظر وقوع حرکات توده‌ای با بحران مواجه خواهد ساخت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

از آن‌جایی‌که مخاطرات ژئومورفولوژیک از موانع و مسائل موجود بر سر راه توسعه نواحی شهری و روستایی و از عوامل ناامن کننده سرمایه‌گذاری در بخشهای مسکن، کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل و غیره محسوب می‌شوند، عدم توجه به‌این‌تنگناها در تصمیم برنامه‌ریزان و سیاستگذاران، آثار و پیامدهای زیانباری را به‌همراه دارد [۵، ص۲۳۵]؛ از سویی دیگر، وقوع این پدیده‌ها تأثیرات سویی روی سیستمهای اجتماعی، اقتصادی و طبیعی دارد؛ بنابراین، انجام دادن مطالعات ژئومورفولوژیک و کسب آگاهی از دینامیک محیط طبیعی، ممیزی و شناخت نواحی مستعد مخاطرات ژئومورفیک (از قبیل زمین‌لغزشها)در سطح سرزمین برای استفاده و توجه به آنها در برنامه‌ریزیهای مختلف از جمله ساماندهی و بازسازی سکونتگاههای آسیب‌دیده و آسیب‌پذیر، مکان‌گزینی شهرها و شهرکهای جدید، دهکده‌های توریستی، احداث شبکه‌های ارتباطی، خطوط انتقال نیرو و انرژی و غیره ضروری است.

در این راستا، مقالۀ حاضر به منظور تداوم روند اجرای پروژه‌های عمرانی توسعه و دستیابی به نتایج مطلوب در آینده، از طریق تهیه و ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای به شناسایی و تعیین مناطق آسیب‌پذیر از نظر وقوع حرکات توده‌ای در حوضۀ آبریز لیقوان چای می‌پردازد.

۲- مشخصات منطقه مطالعه شده

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

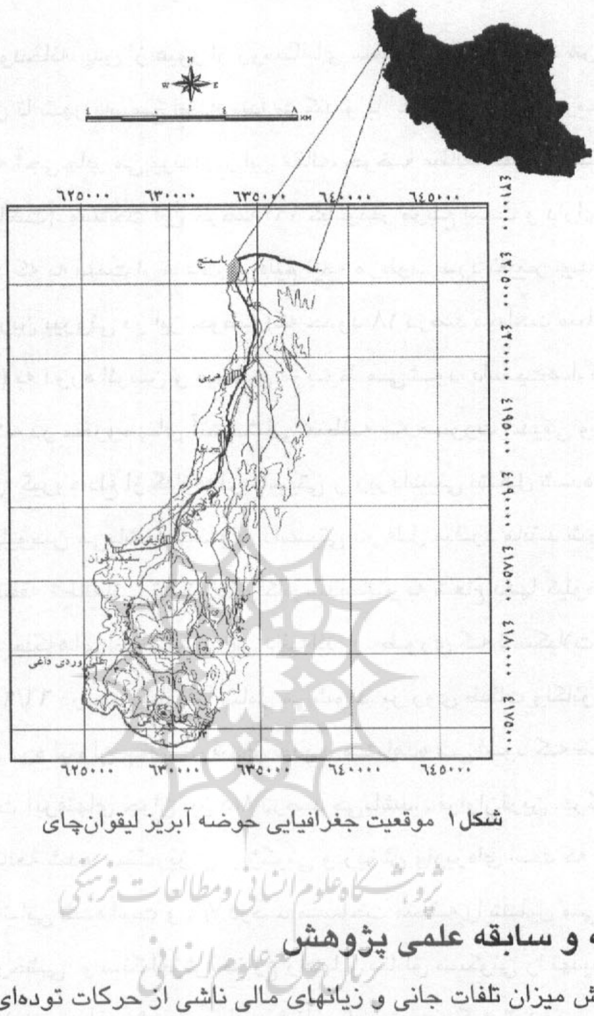
حوضۀ آبریز لیقوان چای با مختصات جغرافیایی ″۳۰ ′۱ °۳۸ تا ″۳۰ ′۴۳ °۳۷ عرض شمالی و ″۳۵ ′۳۱ °۴۶ تا ′۲۲ °۴۶ طول شرقی، از حوضه‌های واگرای دامنه شمالی توده کوهستانی سهند و زیر حوضه‌های مهم آجی چای[۱] می‌باشد(شکل۱). لیقوان چای (که ۳۵ کیلومتر طول دارد) با جهتگیری جنوبی ـ شمالی ، در ابتدا با نام باغچادره سی چای، از نقاط و قلل مرتفع کوه سهند مانند: گیروه داغ(۳۵۹۶متر)، کمال داغ(۳۲۳۶ متر)، شرشرداغ و غیره سرچشمه می‌گیرد. در طول مسیر، آبراهه‌های متعددی، از جمله: توله‌سرچای و بارالی‌چای به

---

۱. حوضۀ آبریز آجی‌چای، بزرگترین حوضۀ شرقی دریاچۀ ارومیه می‌باشد که از دامنه جنوبی ارتفاعات سبلان و دامنه شمالی رشته کوه بزقوش و سهند سرچشمه می‌گیرد و با جهتی شرقی ـ غربی، پس از عبور از شمال شهر تبریز به دریاچۀ ارومیه می‌ریزد.

آن می‌پیوندد. این رودخانه، پس از عبور از روستاهای سفیده خوان، لیقوان، هربی و دیزج عبدل به طرف شمال تا شهر باسمنج امتداد پیدا می‌کند و با عبور از شهر تبریز در حوالی فرودگاه به رودخانه آجی‌چای می‌پیوندد(در این مقاله، حوضهٔ مطالعه شده تا شهر باسمنج در نظر گرفته شده است). مساحت این حوضه ۱۹۰ کیلومتر مربع است و دارای اقلیم نیمه خشک سرد می‌باشد که به سمت ارتفاعات به اقلیم نیمه مرطوب سرد تغییر پیدا می‌کند[٦، ص۳۳]. سنگهای آذرین بیرونی در این حوضه (که حدود ۱۸ درصد مساحت منطقه مطالعاتی را در برگرفته است) به دوره ائوسن و میوسن مربوط می‌شود. داسیت‌ها، فراوان‌ترین سنگهایی هستند که در مخروطهای آتشفشانی منطقه به صورت قدیمی و جدید یافت می‌شوند؛ برای مثال، گیروه داغ از گدازه‌های داسیتی و ریوداسیتی تشکیل شده‌اند که سن آنها مربوط به میوپلیوسن می‌باشد. سنگهای داسیتی در قلل منفرد مانند شرشرداغ نیز برونزد دارند. در منطقه مطالعاتی، تشکیلات ولکانوسدیمانتر به شعاع دهها کیلومتر از مراکز آتشفشانی به طرف جلگه‌های اطراف گسترش یافته‌اند؛ به‌طوری که تشکیلات آذرآواری و ولکانوسریمانترها، ٦٦/٩ درصد منطقه را شامل می‌شوند. بر روی طبقات ولکانوسدیمانترها، در بیشتر قسمتهای دره لیقوان چای، آبرفتهای جدید مشاهده می‌شود که ضخامت آنها متفاوت است. وسعت آبرفتهای جوان نیز ۸/٥ درصد می‌باشد. . فراوان‌ترین حرکات توده‌ای مواد در حوضهٔ مطالعه شده، سنگ‌ریزش، واژگونی و ریزش واریزه‌ای است که ۱۷مورد آن، در این مطالعه، شناسایی شده است و ۷/٦ درصد مساحت منطقه را شامل می شود؛ ولی بیشتر لغزشهای چرخشی و سنگلغزش، مزارع راهها و مناطق مسکونی را تهدید می‌کنند.

از نظر تعداد ۷ مورد لغزش در منطقه شناسایی شدند که ٤/۳ درصد منطقه را دربرمی‌گیرند. ۹ مورد جریانهای واریزه‌ای نیز در حدود ٥ درصد منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. سنگ‌ریزش و واژگونی سنگ روی دامنه‌های سنگی و پرشیب ارتفاعات به‌وقوع می‌پیوندند. این پدیده‌ها در سنگهای داسیتی و ریوداسیتی دامنه شمالی شرشرداغ و کمال داغ به‌وفور یافت می‌شود؛ همچنین در دامنه شمال‌غربی گیروه‌داغی با سنگهای داسیتی، قابل رؤیت هستند. روی تشکیلات آذرآواری و آبرفتهای کواترنر نیز اغلب پدیده‌های ریزش واریزه‌ای و لغزشهای چرخشی اتفاق می‌افتند[٦،ص٥].



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز لیقوان‌چای

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳- پیشینه و سابقه علمی پژوهش

به دنبال افزایش میزان تلفات جانی و زیانهای مالی ناشی از حرکات توده‌ای مواد دامنه‌ای در مقیاس جهانی و به‌منظور کنترل و کاهش آثار مخرب این پدیده‌ها [۷، ص ، ۸:۲۱٤، ص ۱۰۸] در ۲۵ سال گذشته، دولتها و مراکز علمی(دانشگاهها، انیستیتوها، مؤسسه‌ها و غیره) در نقاط مختلف جهان، منابع قابل ملاحظه‌ای را برای ارزیابی و پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای اختصاص داده‌اند[۹،ص۱۸٤]. البته مباحث نظری درمورد اصول و مبانی ،انواع، علل و مکانیسم وقوع حرکات توده‌ای به دهۀ ۱۹۵۰م و بعد از آن مربوط می‌شود، از جملۀ آنها

می‌توان به‌مطالعاتی که به وسیله ترزاقی[۱]، وارنز[۲]، براب[۳]، کروزیر[۴] انجام شده است، اشاره کرد [۹، ص۱۳۳]؛ اما برای تحلیل و پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای و زمین لغزشها تکنیکها و روشهای مختلفی وجود دارد. روشهای اولیه مانند روشهای استفاده شده به وسیله آنبلاگان[۵] به‌طور عمده براساس تحلیل همپوشانی[۶] نقشه‌های عامل، وزن‌دهی و ترکیب آنها استوار است [۱۰، صص۸۶۱-۸۶۸]؛ در این زمینه، ززر[۷] و همکاران با تلفیق این روش و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقش عوامل مختلف را در وقوع حرکات توده‌ای در نواحی شمالی شهر لیسبون پرتقال بررسی کردند[۱۱، صص۱۳۳-۱۴۹]. از روشهایی که در دهه‌های اخیر برای ارزیابی خطر وقوع حرکات توده‌ای بیشتر استفاده می‌شوند، روشهای آماری مانند تحلیل رگرسیون چندگانه[۸]، تحلیل مبین[۹] و تحلیل رگرسیون لاجستیک[۱۰] است که با ارائه الگوهای کمی به کشف روابط بین وقوع حرکات توده‌ای و متغیرهای مورد نظر می‌پردازد [۱۲، ص۲۱۴]. درحال حاضر با استفاده از داده‌های سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و روشهای آماری، به مدلسازی و پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای اقدام می‌کنند؛ برای مثال، دای و لی[۱۱] در جزیره لانتوی هنگ کنگ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با مطالعه ویژگیهای طبیعی زمین‌لغزشها و علل وقوع آنها، ضمن بررسی تعامل آماری موجود بین تکرار حرکتهای توده‌ای با مشارکت پارامترهای طبیعی، مدلی کمی برای پیش‌بینی احتمال وقوع ناپایداری شیبها در منطقه مطالعه شده ارائه دادند [۱۳، صص۲۱۳-۲۲۸].

کشور ایران نیز مانند سایر کشورهای در حال توسعه، در سالهای اخیر، شاهد وقوع انواع مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژیک بوده است. از سالها پیش، مطالعات و پژوهشهای علمی به‌طور پراکنده در نقاط مختلف کشور به‌وسیله سازمانها، نهادها، مؤسسه‌های دولتی و

1. Terzagi
2. Varnse
3. Brabb
4. Crozier
5. Anbalagan
6. overlay
7. Zezere
8. multiple regression analysis
9. discriminant analysis
10. logestics regression analysis
11. Dai and Lee

غیردولتی در زمینه بلایای طبیعی و مخاطرات ژئومورفولوژیک بویژه حرکات توده‌ای مواد دامنه‌ای انجام شده‌است و کارگاهها، همایشها و کنفرانسهای متعددی در این باره برپا شده است که حاصل آنها در قالب مجموعه مقالات، منتشر شده‌اند[۱۴، ۱۵]. این درحالی است که استفاده از مدلهای آماری، تکنیکهای آزمایشگاهی، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و همچنین داده‌های سنجش از دور برای مدلسازی و پهنه‌بندی خطر وقوع حرکت توده‌ای، اخیراً مورد توجه برخی از محققان قرار گرفته است؛ برای مثال، محمودی و کرم [۱] با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های سنجش از دور، به مدلسازی آماری و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضهٔ آبریز سرخون ـ استان چهار محال و بختیاری اقدام کردند[۱، صص۱۴۷-۱۵۶]. در این پژوهش، برای مدلسازی آماری از سه روش مدل رگرسیون لاجستیک، رگرسیون خطی و پروبیت استفاده شد و در نهایت معادلاتی برای پیش‌بینی و تهیهٔ نقشه‌های احتمال وقوع حرکتهای توده‌ای ارائه شد.

با توجه به اهمیت و جایگاه خاص توده آتشفشانی سهند در بین ناهمواریهای مهم کشور، مطالعات علمی و بنیادی ارزشمندی در زمینهٔ زمین‌شناسی سهند و تحول ژئومورفولوژی آن انجام شده است [۱۶، ص۳۶۲؛ ۱۷، ص۴۴۰؛ ۱۸، صص۲۰۲-۲۲۱]. در ضمن، تحول ژئومورفولوژی اغلب دره‌های توده کوهستانی سهند، در قالب پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد در دانشگاه تبریز بررسی شده است؛ برای مثال، زنگنه اسدی در پژوهشهای ژئومورفولوژی حوضهٔ آبریز لیقوان‌چای در دامنه شمالی سهند، ضمن اشاره کلی به فعالیت عوامل مورفوژنز در این حوضه، خاطر نشان می‌سازد که وقوع انواع حرکات توده‌ای مواد از قبیل ریزشها، لغزش و جریانهای واریزه‌ای و غیره، خسارت و زیانهای مالی فراوانی را در مزارع کشاورزی و مساکن روستاییان به‌همراه دارد[۱۹، ص۱۵۱].

هم اکنون، با توجه به ضرورت مطالعه خطر وقوع پدیده‌های ژئومورفولوژی در اجرای پروژه‌های عمرانی، پژوهش در مخاطرات طبیعی و ژئومورفولوژیک دامنه‌های توده کوهستانی سهند مورد توجه برخی از محققان قرار گرفته است. برای مثال، رجبی مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیک سکونتگاههای روستایی دامنه غربی سهند را بررسی کرده و به این نتیجه رسیده است که اکثر روستاهای واقع در این منطقه، در معرض جریانهای سیلابی قرار دارند[۲۰]. در همین راستا، کرمی نیز با مطالعه مخاطرات ژئومورفولوژیک دامنه شمالی

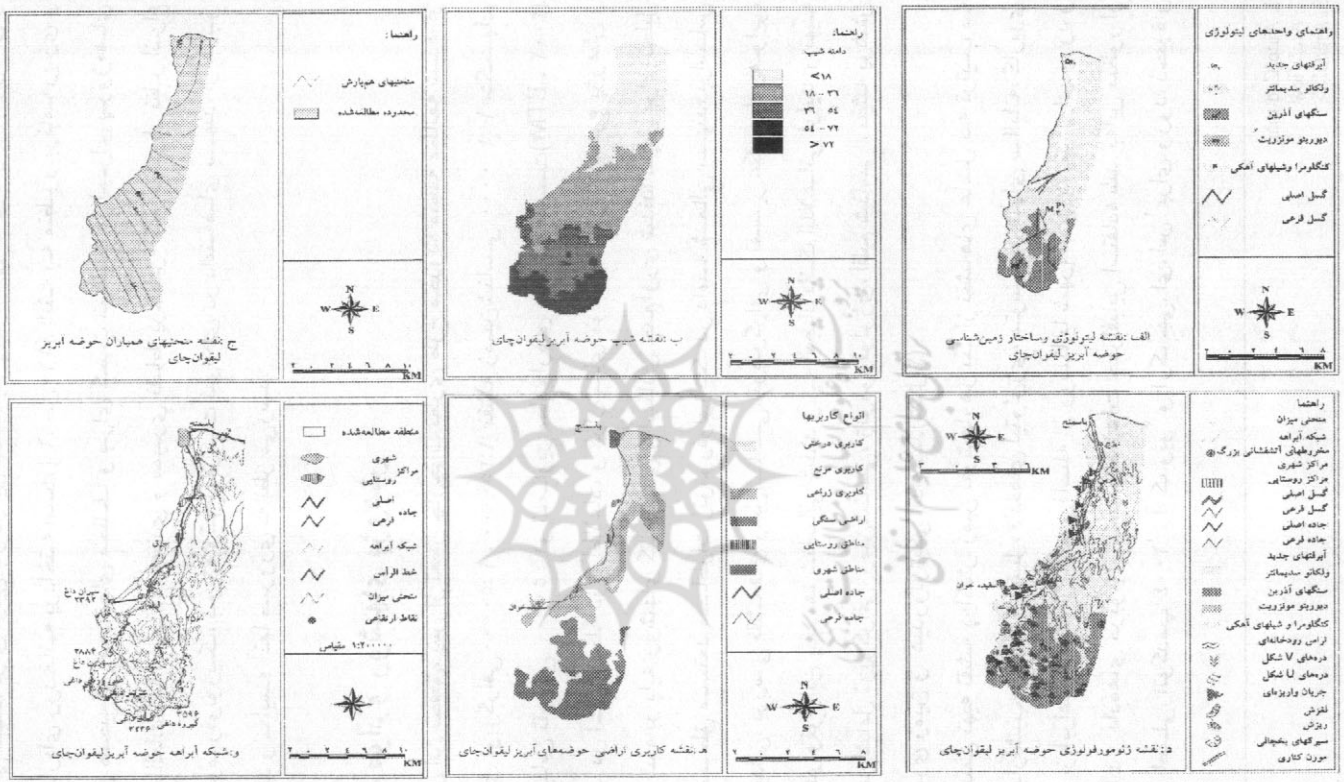
توده کوهستانی سهند، برای اولین بار در این منطقه به پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای و فرسایش کناره‌ای رودخانه پرداخته است [٦، ص ١١٠]. البته به منظور برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری صحیح در بخشهای مختلف و برای کسب موفقیت در اجرای پروژه‌های عمرانی در مطالعات آینده،انجام پهنه‌بندی و ممیزی نقاط پرخطر- کم خطر،از نظر انواع مخاطرات ژئومورفولوژیک، بویژه وقوع حرکات توده‌ای در دامنه‌های سهند، از طریق روشهای جدید و مقایسه آنها ضروری به نظر می‌رسد.

۴- مراحل، مواد و روشهای پژوهش

در مرحله اول این تحقیق، پس از تعیین چارچوب نظری طرح محدوده منطقه مطالعه شده، از روی نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱ ، ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ،عکسهای هوایی با مقیاس تقریبی ۵۰۰۰۰ : ۱و تصاویر ماهواره‌ای سنجده لندست(ETM ، ۲۰۰۲) شناسایی شد. در آغاز مرحلهٔ دوم، اطلاعات و گزارشهای موجود درباره موضوع پژوهش و مکان مطالعه شده بر پایه روشهای کتابخانه‌ای و اسنادی جمع‌آوری شدند؛ سپس برای تحلیل و پهنه‌بندی مناطق مستعد مخاطرات ژئومورفولوژیک در دامنه شمالی سهند، براساس بازدیدهای میدانی، بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و تفسیر عکسهای هوایی، عوامل مؤثر در وقوع این پدیده‌ها شناسایی شدند و به ایجاد بانک اطلاعاتی اولیه و تهیه نقشه‌های عامل شامل توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، اقلیم شناسی ، نقشه پوشش گیاهی و کاربری زمین و هیدرولوژیکی اقدام شد(شکل۲).

سپس، ضمن تهیه نقشه پراکنش زمین لغزشها، هر یک از نقشه‌های عامل به ترتیب به نقشه‌های معیار(شیب، فاصله از گسل، داده‌های لیتولوژی، متوسط بارشهای سالیانه، کاربری زمین، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده و فاصله از روستا یا شهر) تبدیل شدند. برای ورود و ذخیره اطلاعات و داده‌های مزبور از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. به‌این منظور از سه نرم‌افزار اصلی، اتوکدمپ ۲۰۰٤[1] ، آرک ویو[2] و آرک جی. ای. اس[3] برای ورود، ذخیره و

1. Auto/Cad map
2. Arc/View
3. Arc/GIS



شکل۲ نقشه‌های عامل در پهنه‌بندی حوضه لیقوان‌چای

(زمین‌شناسی، شیب، بارش، ژئومورفولوژی، کاربری زمین و شبکه زهکشی)

طراحی پایگاه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. مدل رقومی ارتفاع[1] منطقه مطالعه شده با استفاده از رقومی‌سازی منحنی میزانهای نقشه‌های توپوگرافی منطقه در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و درمحیط اتوکدمپ ۲۰۰۴ و درون‌یابی آن در محیط نرم‌افزار آرک ویو انجام شدند و پس از آن، نقشه‌های دسته‌بندی ارتفاعی و شیب دامنه‌ها تهیه شدند. سایر نقشه‌های عامل مورد نیاز، ابتدا به صورت فرمت وکتوری و سپس از طریق آرک‌ویو، وارد محیط GIS شدند، برای انجام (تحلیلها فرمت آنها از وکتوری به Grid تبدیل شد. برای کلیه نقشه‌ها، سیستم مختصات واحد[2] انتخاب شدند. در انتهای مرحلهٔ دوم برای تطبیق و تنظیم داده‌های گردآوری شده(در قالب بانک اطلاعات اولیه) با واقعیتهای زمینی، بازدیدهای میدانی مکرر انجام شد.

در مرحلهٔ سوم نیز با وارد کردن مقادیر وزنی و کلاس پارامتر به جدولهای مرتبط با نقشه‌های ورودی و تبدیل نقشه‌های ورودی به نقشه‌های پارامتر وزنی، با انطباق و روی هم قرار دادن نقشه‌های وزنی منفرد برای کل منطقه، در محیط آرک‌ویو، نقشه‌های پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای مواد ترسیم شدند(شکل ۳).

به‌این ترتیب که بر اساس روش شاخص وزنی به هر یک از متغیرها و طبقات آنها، براساس تراکم طبیعی پدیده‌های مورد نظر(حرکات توده‌ای مواد) امتیاز داده شد [۲۱، ص ۴۷۰]. امتیازدهی (وزن‌دهی) براساس تأثیر بالقوه عاملی در وقوع حادثه مورد نظر داده می‌شود. پس از اینکه به لایه‌های موجود (نقشه‌های معیار)، براساس معیارهای معین وزن داده شد، واحدها بر این اساس ارزش‌گذاری شده و سپس با هم ترکیب می شوند [۲۲، ص ۴۰].

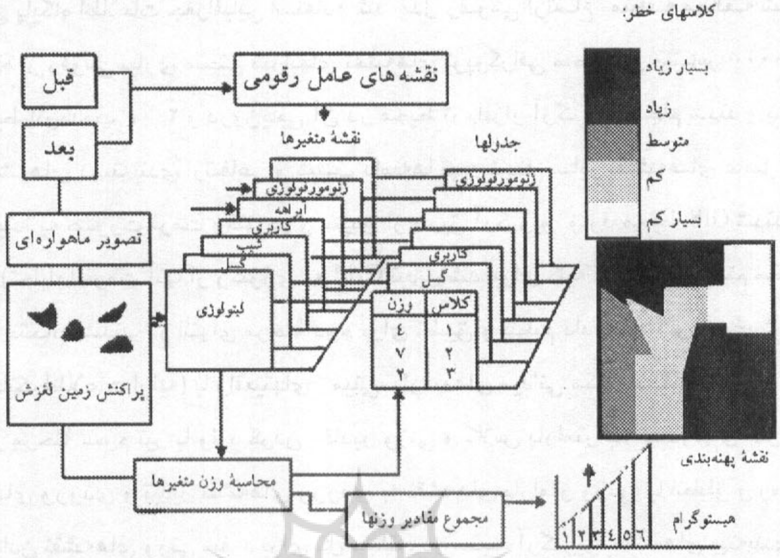
در این راستا، تراکم زمین لغزشها در روی یک متغیر با ترکیب و همپوشانی نقشه پراکندگی زمین لغزشها با نقشه معیار(مثلاً واحدهای لیتولوژی) و استفاده از رابطه زیر محاسبه شد(جدول ۱).در این مطالعه اندازه هر پیکسل ۲۵×۲۵ متر است.

در این رابطه: $D = ۱۰۰۰ \times Npix(sxi) / Npix(xi)$

D : تراکم زمین لغزش هر متغیر

---

1. DEM: Digital Elevation Model
2. UTM



شکل۳ نمودار مراحل جمع آوری داده‌ها تا ترسیم نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای [۲۳، ص ۵۷۵].

Npix(sxi) : تعداد پیکسلهای حرکات توده‌ای در داخل هر کلاس و Npix(xi): تعداد پیکسلهای هر کلاس، متغیر می‌باشد.

جدول۱ محاسبه تراکم زمین لغزش و وزن‌دهی متغیر واحدهای لیتولوژی

کلاس متغیر	ID	Npix(xi)	Npix(sxi)	D×۱۰۰۰	W
سنگهای آذرین	۵	۶۲۱۷۲/۶۹۸	۱۷۳۷/۰۴۳	۲۷/۹۳۹	۹/۸۵۹
شیلهای آهکی	۱	۱۶۴۵۵/۷۷۲	۳۶۹/۵۱۴	۲۲/۴۵۵	۴/۳۷۵
آبرفت	۲	۲۶۰۵۶/۹۱۱	۵۵۴/۹۲۸	۲۱/۲۹۳	۳/۲۱۳
ولکانوسدیمانتر	۲	۲۰۱۰/۲۵۶	۲۸۹۸/۶۹۷	۱۴/۴۲	−۲/۶۶

برای وزن‌دهی همانند سوزن و دوپوران [۲۴، ص۳۱۴] طبق رابطه زیر به متغیرها وزن اختصاص یافت[۲۴، ص۳۱۴].

W=۱۰۰۰×Npix(sxi) / Npxi(xi) - ۱۰۰۰× ∑Npix(sxi) / ∑Npix(xi)

در مرحله نهایی، استعداد بخشهای مختلف منطقه به وقوع حرکات توده‌ای، در ۵ طبقه

خطر (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) طبقه‌بندی شد و نقشه پهنه‌بندی خطر از طریق درون‌یابی ترسیم شد.

۵- تحلیل و بحث

با حاکم شدن سیستم مورفوژنز پریگلاسیر در ارتفاعات شمالی سهند، مکانیسم اصلی در سیستم فرسایشی این ناهمواری اعمال متوالی یخ زدن و ذوب یخ است. وجود رطوبت کافی، اختلاف قابل توجه دماهای ماههای گرم و سرد سال و نوسانهای شبانه‌روزی دما در دامنه شمالی توده کوهستانی سهند،شدت و سرعت فرایندهای سیستم مورفوژنز پریگلاسیر را افزایش می‌دهد؛ بنابراین به‌دلیل تسلط آب و هوای نیمه‌خشک سرد متمایل به سرد مرطوب در ارتفاعات و ویژگیهای سنگ شناسی و توپوگرافی، پدیده‌های یخ‌شکافتی[۱] و دماشکافتی[۲]، موجب تخریب مخروطهای آتشفشانی و رخنمون‌های سنگی ارتفاعات می‌شوند. پدیده‌های آب شکافتی[۳] و نمک شکافتی[۴] نیز در تخریب سنگها و فرسایش دامنه‌ها نقش مهمی دارند. شیب توپوگرافی عامل مهمی در جابه‌جایی مواد تخریبی حاصل از فعالیت پدیده‌های فوق محسوب می‌شود؛ به طوری‌که مواد تخریبی در روی شیبهای تند ارتفاعات دست نخورده باقی نمی‌مانند، بلکه مواد مزبور در اثر عواملی مانند نیروی ثقل و وزن توده مواد یا تحت تأثیر فرایندهای حمل روی دامنه‌ها حرکت می‌کنند و جابه‌جا می‌شوند.

به‌طوری که اشاره شد، نمونه‌های بارز پدیدهٔ یخ شکافتی، به صورت اشکال ماکروژلیو در ارتفاعات شمالی توده ولکانیکی سهند قابل رؤیت هستند. در ارتفاعات تخریب مکانیکی برونزدهای سنگی به صورت ماکروژلیو و سقوط آنها به پایکوه، تحت تأثیر نیروی ثقل، موجب استقرار بلوکهای سنگی و قطعه سنگهای زاویه‌دار به ابعاد متوسط تا بزرگ بر روی دامنه‌ها شده و گاهی به شکل روانه‌های سنگی دیده می‌شوند؛ از سویی دیگر، دامنه‌های سنگی و شیبدار ارتفاعات دراثر پدیدهٔ دماشکافتی به‌صورت میکروژلیو تخریب می‌شوند. این

1. cryoclastism
2. thermoclastism
3. hydroclastism
4. haloclastism

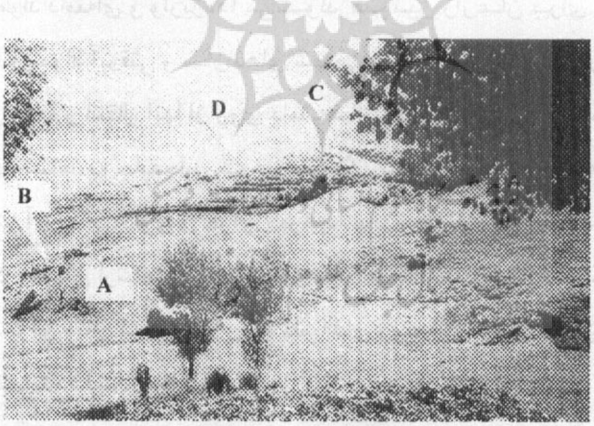
فریبا کرمی و همکاران ـــ

پدیده سبب می‌شود تا سنگهای متصل تحت انقباض و انبساط متناوب به شکل سنگهای منفصل و متحرک درآیند. نتیجهٔ این نوع هوازدگی در قلمرو فرسایش پریگلاسیر به سقوط قطعات سنگی و لغزش توده‌های سنگی منجر می‌شود. به این ترتیب، روستاهای واقع در پای این دامنه‌ها وضعیت نامناسبی دارند و همیشه در معرض سقوط سنگها و واژگونی تخته‌سنگها، ریزشهای واریزه‌ای یا لغزشهای سنگی قرار دارند.

با توجه به حاکم بودن سیستم مورفوژنز پریگلاسیر در ارتفاعات در اثر نوسانهای دما در شبانه‌روز و عمل یخبندان در دامنه مخروطهای آتشفشانی مانند شرشرداغ ، علی‌وردی داغ و دامنه شرقی سهرین داغ و غیره در حاشیه باغچادره‌سی، به‌دلیل ویژگیهای لیتولوژی و سیستم دیاکلازه آنها، قطعه سنگهایی در اندازه‌های کوچک قابل رؤیت هستند. در دامنه‌های پشت به آفتاب نیز در اثر استقرار برف به مدت طولانی در برونزدهای سنگی دامنه‌ها (بویژه مخروطهای آتشفشانی جوان و ولکانوسدیمانترها)، نوسانهای دما در مدت شبانه‌روز و اعمال متوالی فرایندهای ذوب و انجماد آب، هوازدگی مکانیکی دارای شدت بیشتری است و بنابراین سطوح دامنه‌های سنگی از قطعه سنگها و واریزه‌های زاویه‌دار پوشیده شده است. آبذوبان حاصل از ذوب تکه‌های برف و بارشهای شدید، هم در متلاشی‌شدن سنگها و هم در حمل مواد حاصل از عمل تخریب مکانیکی نقش مهمی ایفا می‌کنند. پدیده‌های فوق، روستاهای منطقه مطالعاتی را در حوضهٔ آبریز لیقوان چای به اشکال مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ برای مثال، پرتگاههای سنگی ایگنمبریتی مشرف به روستاهای بیرق و هربی در اثر هوازدگی و تخریب با ایجاد جریانها و ریزشهای واریزه‌ای، همواره مساکن روستایی را تهدید می‌کنند و وقوع آنها، علاوه بر اینکه مشکلاتی را در مورد راههای ارتباطی و کانالهای آبیاری و غیره به‌همراه دارد، خسارتهای مالی فراوانی را به منازل روستاییان وارد می‌کند؛ به‌طوری که برخی از ساکنان روستا مجبور شده‌اند خانه و کاشانه خود را ترک کنند.

براساس مطالعات میدانی در ارتفاعات پایینتر از ۲۷۰۰ متر، در نواحی روستایی و یا در امتداد مسیر جاده‌ها، حرکات توده‌ای از نوع لغزشهای چرخشی می‌باشند که برحسب مکان وقوع از نوع دره‌ای یا دامنه‌ای می‌باشند(شکل٤). این نوع لغزشها بیشتر در نهشته‌های کواترنر(آبرفتها و کولوویال‌ها) و نهشته‌های یخچالی(مورنها) اتفاق می‌افتند و از نظر ابعاد و

اندازه متوسط تا بزرگ هستند. این پدیده در قسمتهای پایین دامنه‌ها که مواد ریز و نرم، توفها و خاکسترهای آتشفشانی ۷۰-۶۰ درصد مواد دامنه‌ای را تشکیل داده‌اند، نیز رخ می‌دهند. برای مثال در بخشهای پایین دست دامنه‌های شمالی شرشرداغ، مشرف به رودخانه لیقوان، در ارتفاع ۲۷۰۰متری می‌توان نمونه‌هایی از این پدیده را مشاهده کرد. نوع دیگری از لغزشها در مواریث تراکمی یخچالها در دره بارالی چای دیده می‌شود. از آن‌جایی که ارتفاعات سهند، مدت زمان طولانی تحت تسلط آب و هوای سرد یخبندان بوده و ولکانیسم فرسایش یخچالی را تجربه کرده‌اند، دارای نهشته‌های یخچالی(مورن) می‌باشد. این نهشته‌ها که متشکل از مواد با اندازه‌های مختلفی چون قطعه سنگها و خرده سنگهای زاویه‌دار، ماسه، مارنها و حتی مواد رسی هستند، با ترکیب بی‌نظم و درهم و برهمی در حاشیه بالادست اغلب دره‌های کوهستان سهند مشاهده می‌شوند. به‌دلیل همین بی‌نظمی مواد تراکمی است که آب حاصل از بارندگی یاذوب برفها به اعماق زمین نفوذ کرده و پس از مدتی، مواد رسی خاک را به حالت اشباع در آورده و در نهایت موجب جابه‌جایی مواد بر روی دامنه‌ها می‌شوند.



شکل۴ وقوع انواع حرکات توده‌ای و تخریب مراتع و اراضی مزروعی در روستای سفیده خوان، A) زبانه لغزش؛ B) تخته سنگهای ناشی از ریزش؛ C) راه ارتباطی؛ D) لغزش

در دره لیقوان چای، آبراهه‌ها نیز به نحوی دیگر از طریق، برش و شستشوی پایه مواد دامنه‌ای ، بویژه در بخشهای مئاندری رودخانه لیقوان چای، موجب بی‌ثباتی شیب دره‌ها و پیدایش لغزشهای چرخشی متعدد در حاشیه اغلب دره‌های منطقه مطالعاتی شده است. وقوع

این نوع از حرکات توده‌ای در حوضهٔ آبریز لیقوان‌چای پیامدهای اقتصادی زیادی به‌دنبال دارد. برای مثال، وقوع انواع لغزشها (بویژه لغزشهای چرخشی)، مزارع، مراتع و مساکن روستای سفیده‌خوان را تخریب می‌کنند. روستای سفیده‌خوان که روی تشکیلات ولکانوسدیمانتر مستقر است، به‌لحاظ موقعیت توپوگرافی و چگونگی هیدرولوژیک، شاهد وقوع انواع لغزشهای چرخشی بزرگ و کوچک، سنگ‌ریزش، فرسایش آبراهه‌ای می‌باشد. پدیده‌های مزبور به‌شدت مزارع، مراتع و غیره را در بالادست و پایین‌دست این روستا تهدید می‌کنند (شکل ٤).

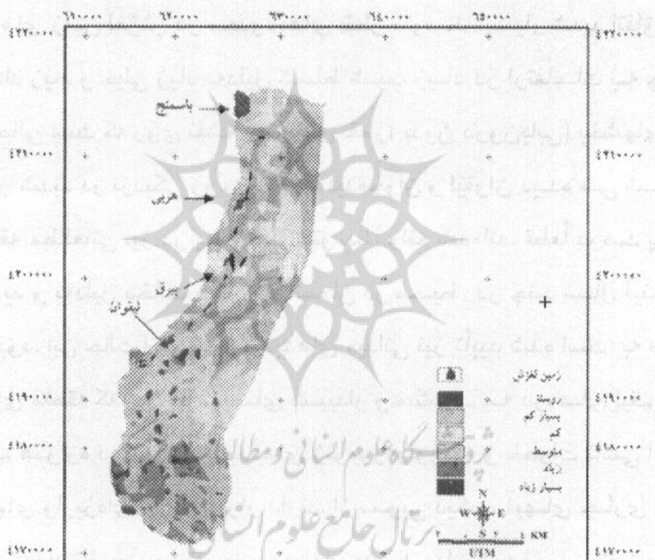
انسان نیز با اجرای پروژه‌های عمرانی(احداث راه و غیره)، به عنوان یک عامل تشدید کننده عوامل مورفوژنز و از عوامل مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای مواد دامنه‌ای در این منطقه محسوب می‌شود که سبب افزایش رخداد این حوادث و زیانهای ناشی از آن می‌شود. از مهمترین صدماتی که انسان با دخالتهای خود در محیط ایجاد می‌کند، تغییراتی است که به شکلهای مختلف در کف دره‌ها برای بهره‌گیری بیشتر از خاکهای حاصلخیز به عمل می‌آورد. کشاورزان برای توسعه اراضی مزروعی خود با برداشت بخشی از دامنه حاشیه دره‌ها، موجب سقوط مواد دامنه‌ای و واریزه‌ها می‌شوند. همچنین زارعان برای آبیاری مزارع و باغات خود با حفر مواد آبرفتی و سازندهای سطحی مسیر آبراهه‌ها را تغییر می‌دهند.

انحراف آبراهه‌ها و انتقال آنها از روی دامنه‌ها به زمینهای زراعی سبب نفوذ آب در نهشته‌ها و مواد مستعد به جابه‌جایی شده و چگونگی ناپایداری مواد دامنه‌ای را در سطوح دامنه‌ها فراهم می‌آورند. دامداری و چرای مفرط دامها در علفزارهای طبیعی، روی دامنه‌های شیبدار و احداث راههای ارتباطی روستایی، از دیگر عوامل تشدید وقوع حرکات دامنه‌ای در منطقه می‌باشد. برای مثال، احداث راه روی دامنه‌های روستای سفیده‌خوان موجب پیدایش انواع زمین‌لغزشها شده است(شکل٤).

برای نمایش آثار ترکیبی عوامل مذکور در وقوع خطر حرکات توده‌ای مواد در منطقه مطالعاتی، شکل(٥)، نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای را در پنج طبقه بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد نشان می‌دهد. به‌این‌ترتیب، مناطق و پهنه‌های بسیار مستعد به خطر حرکتهای توده‌ای از مناطق با مخاطره‌آمیزی بسیار کم در حوضه آبریز لیقوان قابل تشخیص می‌باشد(جدول٢).

جدول۲ درصد مساحت حوضه و وقوع زمین لغزشها در هر کلاس خطر

کلاس خطر	درصد مساحت حوضه در هر کلاس خط	درصد وقوع زمین لغزشها در هر کلاس خطر
بسیار کم	۲۷/۳۸	٤/۱۷
کم	۳٦/٥	۳۱/۱۱
متوسط	۲۷/۳۳	۳۲/٤٤
زیاد	۸/٤	۲٥/٤۲
بسیار زیاد	۰/۳۸	٦/۸



شکل۵ نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در حوضه آبریز لیقوان چای

۶- نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که حوضه آبریز لیقوان چای از سویی تحت تأثیر سیستم مورفوژنز پریگلاسیر، فرایندهای فلوویال و جریانهای سیلابی، دستخوش تغییر است و از

سویی دیگر، حضور انسان در حواشی این کوهستان به‌منظور بهره‌برداری از استعدادهای بالقوه آن از طریق استقرار مساکن، انجام دادن فعالیتهای کشاورزی، دامداری، احداث شبکه‌های ارتباطی و غیره و در سالهای اخیر برای استفاده از آب‌وهوا، چشم اندازهای زیبای طبیعی و جاذبه‌های توریستی سبب شده است تا فرایندهای ناشی از این سیستمهای مورفوژنز، همواره به شکل مخاطرات ژئومورفیک متجلی شود و سکونتگاههای انسانی، زیرساختهای ترابری، خطوط انتقال نیرو و غیره را در معرض خطر قرار دهد.

برمبنای نقشه پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای از کل مساحت حوضه (در حدود ٣٦/١١ درصد) در محدوده مناطق با استعداد خطر متوسط تا بسیار شدید قرار دارد و ٦٤/٦٦ درصد از پدیده‌های زمین لغزش در محدوده‌های خطر متوسط_ بسیار شدید اتفاق افتاده‌اند. نواحی با استعداد زیاد و خیلی زیاد به‌دلیل تسلط شیب زیاد در ارتفاعات به چشم می خورد، این در حالی است که روی نقشه پهنه‌بندی خطر(بدون درون‌یابی) بخشهای کوچکی از منطقه با خطر شدید در نزدیکی روستاهای سفیده‌خوان و لیقوان دیده می شود، سایر روستاهای منطقه مطالعاتی نیز در پهنهٔ خطر متوسط، واقع شده‌اند. قطعاً درصد پهنه‌های با خطر بسیار شدید و به‌دلیل دخالت شتابزده انسان در محیط، در چند سال آینده رو به افزایش خواهد بود. این حالت از طریق بازدیدهای میدانی نیز تأیید شده است؛ به طوری که تمامی روستاهای منطقه که روی دامنه‌های شیبدار و مشرف به دره‌های لیقوان چای، استقرار یافته‌اند، همواره در معرض پدیده‌های ژئومورفولوژیک و خطرات ناشی از ریزش، لغزش و جریانهای واریزه‌ای و غیره قرار دارند. از سویی دیگر، آبهای جاری در مواقع رگبارهای شدید، مواد تخریبی مستقر بر روی دامنه‌ها را حمل کرده و در بخشهای پایین دست دامنه‌ها انباشته می‌شوند. در اثر وقوع این حوادث، برخی از مساکن روستاهای بیرق، هربی و لیقوان در محاصره تخته سنگهای عظیم قرار گرفته‌اند؛ به طوری که برخی از ساکنان این روستا مجبور شده‌اند خانه‌های مستقر روی دامنه‌ها را ترک و در درهٔ لیقوان چای اقدام به ساخت منازل جدید کنند.

در نهایت، با توجه به اینکه پژوهش حاضر به عنوان گام اول به پهنه‌بندی خطر حرکات توده‌ای در منطقه اقدام کرده است، مطالعات بعدی می‌توانند با استفاده از روشهای جدید (سیستم فازی و شبکه عصبی) پهنه‌بندی خطر به مقایسه نتایج بپردازد.

۷- منابع

[۱] محمودی ف.، کرم ع.؛ « مدلسازی آماری و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از GIS و داده‌های سنجش از دور (حوضهٔ آبریز سرخون استان چهار محال و بختیاری)»، مجموعه *مقالات همایش ژئوماتیک*، ۱۳۸۰.

[۲] لارسن م.، و پارکز ج.؛ «ارتباط تخریب توده‌ای و استقرار جاده‌ها در یک محیط کوهستانی»؛ ترجمه: فریبا کرمی؛ نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی،دانشگاه تبریز، ش ٤، ۱۳۸۱.

[3] Cooke R.U., Doorenkamp J.C.; Geomorphology in environmental management; Clarendon Press, Oxford, 1990.

[٤] بنت م.آر، دویل پ.؛ «زمین‌شناسی زیست محیطی»؛ ترجمه: احمد هرمزی؛ مرکز نشر دانشگاهی تهران، ش ۱۰۲۰، ۱۳۸۰.

[٥] رجائی ع.؛ ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای؛ نشر قومس، ۱۳۷۳.

[٦] کرمی ف.؛ پژوهشی در مخاطرات ژئومورفولوژیک دامنه شمالی توده کوهستانی سهند؛ طرح پژوهشی دانشگاه تبریز، ١٣٨٤.

[۷] فن‌وستن س.ج.؛ « کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در کاهش خطرات ناشی از رویدادهای زمین شناختی»؛ ترجمه: عباس کشاورز؛ *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*؛ ش ۴۹ و ۵۰، ۱۳۷۷.

[8] Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M., Reichenbach P; "Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and their application in a multistage study"; Central Italy, *Geomorphology*, Vol.31 1999.

[9] Alcantara-Ayala I.; "Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries"; Geomorphology, Vol.47, 2002

[10] Anbalagan R.; Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain; AA BALKEMA ROTTERDAM book field, 1991.

[11] Zezer J.L. & et. al.; "The role of conditioning and triggering factors in the occurrence of landslides: A case study in the eara north of Lisbon"; *Geomorphology*, Vol. 30, 1999

[12] Brunori F.,Gasgli N., Fischi S., Garzomio C.A., Moretti S.; Landslide hazard mapping in Tuscany In: Slay marker, O.(Ed.), Geomorphic Hazard, 1996.

[13] Dai F.C., lee C.F.; "Landslide characteristics and slope instability modeling use GIS"; Hong Kong, *Geomorphology*, Vol.42, 2000.

[۱٤] کمک پناه ع.؛ «مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی بررسی راهبردهای کاهش خسارات زمین لغزه در کشور؛ انتشارات مؤسسه بین‌المللی زلزله و مهندسی زلزله تهران؛ ۱۳۷۹.

[۱٥] حق‌شناس ا.؛ «مجموعه مقالات دومین سمینار زمین لغزه و کاهش خسارتهای آن»؛ انتشارات مؤسسه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی تهران، ۱۳۷٦.

[۱٦] درویش زاده ع.؛ اصول آتشفشان شناسی؛ انتشارات دانشگاه تهران، چ ۳، ۱۳٦۸.

[۱۷] معین وزیری ح.؛ دیباچه‌ای بر ماگماتیسم در ایران؛ انتشارات دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۳۷٥.

[۱۸] خیام م.؛ « سهند، آتشفشان پلیوپلیوستن و تحول ژئومورفولوژیکی آن در کواترنر»؛ *مجلهٔ دانشکده ادبیات و علوم انسانی مشهد*؛ س ۲۳، ش ۱ و ۲، ۱۳٦۹.

[۱۹] زنگنه اسدی م.ع.؛ « پژوهشهای ژئومورفولوژی در دامنه شمالی سهند(حوضه آبریز لیقوان)»؛ *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشکده ادبیات و علوم انسانی ، دانشگاه تبریز، ۱۳٦۹.

[۲۰] رجبی م.؛ پژوهشی در مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیک سکونتگاههای واقع در دامنه غربی سهند؛ طرح تحقیقاتی دانشگاه تبریز، ۱۳۸۳.

[21] Mejia – Navarro M., Wohl E.E.; Geological hazard and risk evaluation using GIS: Methodology and model applied to medallion, Colombia, Bulletin of the Association of Engineering Geologists; 1994.

[۲۲] فرجی سبکبار ح.؛ مطیعی لنگرودی س.ح.؛ مدلهای فضایی پهنه‌بندی و مکان‌یابی؛ مسکن و انقلاب، ش ۹۹، ۱۳۸۱.

[23] Nagarian R., Mukherjef F.A., Roy A., Khire M.V.; Temporal remote sensing data and GIS application in landslide hazard zonation of part of western ghat, India; Int.J.Remote Sensing, 1998.

[24] Suzen M.L, Doyuran V.; "Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information system: A method and application to Asarsuyu catchments; Turkey, *Engineering Geology*, Vol. 71, 2004

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی