جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال هشتم، شماره ۲۴، بهار ۱۳۸۹

مخاطرات ژئومورفولوژیک درهٔ فرو نشستی ماکو

رسول صمد زاده[۱] و محسن رنجبر[۲]

چکیده

در منتهی‌الیه شمال باختری ایران و در بطن یک محیط ژئومورفولوژیکی کاملاً خطرپذیر، محیط انسانی منحصر به فردی به نام شهر ماکو، استقرار یافته است که از آن تحت عنوان «دروازه‌ی اروپا» یاد می‌شود. ماهیت پویای این محیط برآیند عوامل متعددی از قبیل جنبش‌های زمین ساختی، فرآیندهای ژئومورفودینامیکی و نوسان‌های آب و هوایی در مقیاس‌های زمانی و مکانی زمین شناختی می‌باشد. چنین ویژگی‌هایی باعث گردیده تا این دره‌ی فرونشستی و دامنه‌های آن از دیرباز به عنوان پهنه‌ای خوش آب و هوا و ییلاقی مورد توجه قرار گرفته و همچنین شریان ارتباطی اصلی ایران– اروپا نیز در امتداد تنها مجرای جریانی آن یعنی رود زنگمار احداث گردد، و در حال حاضر صرف‌نظر از برخی تنگناها، از لحاظ اکوتوریستی منطقه‌ی با توان تفرجگاهی بالا، ارزش‌گذاری می‌شود. در کنار قابلیت‌های یاد شده این دره از یک سیستم ژئومورفیک ناپایدار و کاملاً آسیب‌پذیر برخوردار است. این ناپایداری‌ها شامل ریزش، جریان‌های سیلابی و لرزه‌خیزی است که همواره تبعات هزینه بر و بعضاً جبران ناپذیری بر ساکنین آن تحمیل می‌نماید. هدف این پژوهش بررسی سازوکارها و عوامل دخیل در رویداد این پدیده‌ها به منظور مدیریت کارآمد خطر و خطرپذیری است. اساس این پژوهش بر پایه‌ی مشاهدات و مطالعات میدانی بوده و در آن از نقشه‌های توپوگرافی۵۰۰۰۰ :۱، زمین شناسی ۱۰۰۰۰۰ :۱ و۲۵۰۰۰۰۰ :۱، عکس‌های هوایی ۵۰۰۰ :۱ سال ۱۳۳۴ و تصویر ماهواره‌ای ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و برای تهیه‌ی نقشه‌های موجود در متن پژوهش نیز، از نرم افزار GIS استفاده شده است.

کلید واژگان: مخاطرات ژئومورفورلوژیکی، دره‌ی فرونشستی، مدیریت کارآمد، خطر، خطرپذیری

۱. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اردبیل
۲. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر ری

مقدمه

در مفهوم کلی و غیرفنی خطر تحت عنوان، «فرایندها، موقعیت‌ها، کنش‌ها یا واکنش‌هایی تعریف می‌گردد که توانایی ایجاد خسارت، زیان یا تأثیرات ناگوار دیگری نسبت به چیزهای ارزشمند برای انسان را دارد» تعریف گردیده است (کروزیه و کلید، ۲۰۰۵، ص۱). اگرچه امکان رویداد تأثیرات منفی خطر قابل درک است، ولی تعیین زمان دقیق رویداد برخی مخاطرات به ویژه مخاطرات ژئومور فولوژیکی در حال حاضر عملاً مقدور نمی‌باشد. بنابراین احتمال یا امکان رویداد حادثه‌ای با بزرگی مشخص و در دوره‌ی زمانی خاص عموماً به عنوان یک تهدید در نظر گرفته شده و از لحاظ فنی نیز این شرایط ناگوار به عنوان یک خطر قلمداد می‌گردد.

بنابراین در حالت کلی اصطلاح خطر دارای دو معنی متفاوت است. نخست فرایندها یا فعالیت‌های طبیعی که به طور بالقوه خسارت‌زا هستند و دوم حالت یا وضعیت تهدیدکننده‌ای که احتمال رویداد آن وجود دارد. بدیهی است که نتایج خطر به زمینه‌ای که خطر در آن اتفاق می‌افتد، عناصر و خصوصیات ویژه‌ای که تحت تاثیر قرار می‌گیرد و ارزش و سطح اهمیت آن‌ها بستگی دارد. از طرف دیگر خطرپذیری، تأثیر یا آسیب، خسارت و یا هزینه‌های پیش‌بینی شده‌ی مرتبط با خطر است. به ردیف کاملی از رویه‌ها و وظایفی که در نهایت به اجرای سیاست‌های منطقی و معیارهای مناسب برای کاهش خطرپذیری منجر می‌گردد، در مجموع «مدیریت خطرپذیری» اطلاق گردد (کروزیه و کلیه، ۲۰۰۵، ص ۵ و۴).

مخاطرات ژئومورفولوژیکی نیز عبارتست از «احتمال ناپایداری پدیده‌ی خاص ژئومورفولوژیکی که ممکن است در قلمرو معینی با بزرگی و دوره‌ی زمانی مشخص اتفاق بیفتد» (کوتز، ۷۵-۱۹۷۲، به نقل از پانیزا، ۲۰۰۴، ص ۳۱۸). اصولاً زمانی که فرآیندهای شکل دهنده‌ی چشم‌اندازها با فعالیت‌ها و دخالت‌های انسانی تداخل پیدا می‌کنند نتایج زیانباری را به دنبال دارند. یکی از وظایف عمده‌ی دانش ژئومورفولوژی کاربردی بررسی موقعیت و ارزش محیط‌های انسانی خطرپذیر و آسیب پذیر در برابر انواع مخاطرات ژئومورفیک است (روسنفیلد، ۲۰۰۴، ص ۴۲۳).

دره‌ی فرونشستی ماکو به عنوان‌یکی از پویاترین سیستم‌های ژئومورفیک منتهی‌الیه شمال باختری ایران، بزرگ‌ترین محیط انسانی منطقه را در خود جای داده است. سرتاسر این محیط ژئومورفولوژیکی حادثه خیز با انواع مخاطرات مواجه است که ریزش، جریان‌های سیلابی و زمین لرزه‌ها رایج‌ترین و عمومی‌ترین آن‌هاست. این مخاطرات از دیرباز برای ساکنین آن شناخته شده بوده و در حال حاضر نیز با این مخاطرات به نوعی همزیستی مسالمت‌آمیزی پیدا کرده‌اند. اگرچه هراز چندگاهی آثار و تبعات جبران‌ناپذیر و هزینه‌بری را متحمل گردیده و ناگزیر به نظاره آن می‌نشیند.

ماهیت یکدست کوهستانی این دره به گونه‌ای می‌باشد که رویداد انواع مخاطرات ژئومورفولوژیک یاد شده از خصلت‌های ذاتی آن بوده و گریزی از آن نیست. علی‌رغم تمامی این محدودیت‌ها وجود چشم‌اندازهای متعدد ژئومورفولوژیکی و زمین‌ساختی از قبیل اشکال نمونه‌ی گسلی با تمامی مؤلفه‌های آن، ساختمان چین خورده، ساختارهای دگرشیب، گسترش روانه‌های بازالتی در عمق دره و جریان رود زنگمار در داخل این روانه‌ها، این دره را به یک موزه‌ی ژئومورفولوژیکی تبدیل کرده است که از جنبه‌های مختلف اکوتوریستی حائز اهمیت می‌باشند. از این‌رو می‌توان با مطالعه‌ی همه جانبه‌ی اشکال زمین پایدار و ناپایدار و محل‌هایی که در معرض رویدادهای کاتاستروفیک ناگهانی و تدریجی قرار دارند، میزان خطرپذیری این پهنه را مورد ارزیابی قرار داده و در نهایت با اتخاذ مدیریت راهبردی و ارائه‌ی راهکارهای لازم آثار و تبعات این قبیل حوادث را کاهش داده و از توانمندی‌های خاص اشکال پدیدآورنده‌ی آن‌ها در راستای نیل به توسعه‌ی پایدار استفاده‌ی بهینه نمود.

ضرورت پژوهش

- دوری این شهر از پایتخت و مرکز استان باعث گردیده تا مورد بی مهری و کم توجهی مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار بگیرد که فقر و محرومیت مضاعف، ره آورد آن است.
- وجود اشکال زمین و چشم‌اندازهای منحصر به فرد که در مجموع این منطقه را به یک موزه‌ی ژئومورفولوژیکی تبدیل کرده است.
- رویداد انواع مخاطرات ژئومورفولوژیکی کاتاستروفیک در سرتاسر این دره با فاصله‌ی زمانی معمولاً کوتاه و مخاطراتی که چشم‌اندازهای مورفولوژیک پدیدآورنده و یا تشدیدکننده‌ی آن هستند.

اهداف پژوهش

- شناسایی و مطالعه‌ی مکانیسم شکل‌گیری محیط ژئومورفولوژیک دره‌ی فرونشستی ماکو و مخاطرات مربوطه که همواره این شهر را تهدید می‌کنند.
- تعیین ابعاد و عواقب این مخاطرات و برآورد فاصله‌ی زمانی آن‌ها به منظور ارائه راهکارهای لازم برای کاهش خطر.
- معرفی اشکال ژئومورفولوژیک به عنوان جاذبه‌های بی‌بدیل طبیعی به طبیعت گران و گردشگران به ویژه جامعه عملی کشور.

روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف از نوع علمی، کاربردی و بر اساس ماهیت و روش تاریخی و توصیفی– تحلیلی می‌باشد. هر چند که بر اساس اهداف متعارف پژوهشی برای جمع آوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای و اینترنت بهره گرفته شده است. ولی روش مشاهده و انجام بازدیدهای میدانی به عنوان اصلی‌ترین روش طی مراحل گوناگون پژوهش بوده است، و برای تطبیق استنباط‌ها و برداشت‌های نظری و ذهنی با واقعیت‌های موجود در طبیعت و همچنین شناسایی دقیق تر محیط چندین بازدید میدانی صورت گرفته است.

ابزارهای فیزیکی مورد استفاده نیز عبارتند از:

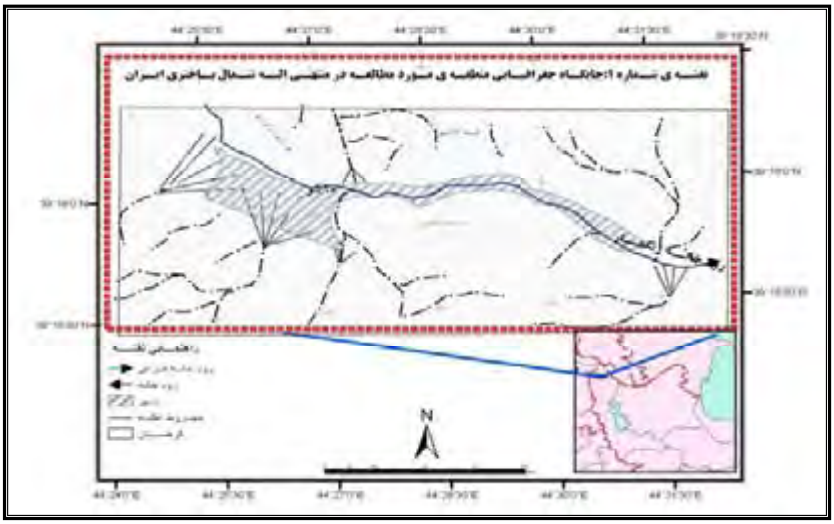
- نقشه‌ی زمین شناسی ۱۰۰۰۰۰ : ۱ و ۲۵۰۰۰۰ : ۱ ماکو
- نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰ : ۱ برگه‌های ماکو و بازرگان
- عکسهای هوایی ۵۵۰۰۰ : ۱ سال ۱۳۳۴ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح
- تصویر ماهواره‌ای ۲۵۰۰۰۰ : ۱ منطقه بر گرفته از سایت google.Earth
- تهیه نقشه‌های موجود در متن پژوهش، استفاده از نرم افزار G.I.S

جایگاه جغرافیایی محدوده‌ی مورد مطالعه:

در منتهی الیه شمال باختری ایران بین َ ۲۵ ْ۴۴ تا َ ۳۸ ْ۴۴ طول خاوری و َ ۱۶ ْ۳۹ تا َ ۱۹ ْ۳۹ عرض شمالی دره‌ی فرونشستی کم عرض و طویلی به درازای ۱۵ کیلومتر واقع گردیده که در داخل آن بزرگترین مرکز جمعیتی منطقه یعنی شهر ماکو به طول تقریبی ۱۰ کیلومتر و با جمعیتی بیش از۵۰ هزار نفر استقرار یافته است. محدوده‌های شمالی و جنوبی منطقه را نیز به ترتیب خطالرأس ارتفاعات قیه و سبد تشکیل می‌دهد. حدفاصل این دو خطالرأس تمامی جریان‌های سطحی به سمت خطالقعر دره زهکشی می‌شوند که رودخانه‌ی اصلی منطقه یعنی زنگمار در عمق آن بر روی بستری از روانه‌های بازالتی جریان دارد. ضلع خاوری این دره به چاله‌ی فرونشستی هندور و باختری آن نیز به دشت ساختمانی بازرگان باز می‌شود.

اهمیت این شهرستان و شهر عمدتاً مربوط به موقعیت ممتاز جغرافیایی آن در کشور می‌باشد. به طوری که بهترین و مهم‌ترین خط ارتباطی زمینی بین ایران و اروپا از گذشته تا حال منطبق بر این دره بوده است، هر چند که اخیراً جاده‌ی کمربندی ماکو این دره را دور زده و از ضلع شمالی آن به موازات مجرای جریانی ساری سو امتداد یافته است. با این حال اهمیت شاهراه ارتباطی ایران– ترکیه و اروپا که از این دره می‌گذرد از دیرباز شناخته شده بود و علت وجودی شهر ماکو

در داخل این دره‌ی باریک، مر بوط به همین موقعیت منحصر به فرد آن است؛ به همین جهت از این شهر تحت عنوان «دروازه‌ی اروپا» یاد می‌کنند



شکل (۱)

تحلیل روند شکل زائی دره‌ی فرونشستی ماکو

- به طور کلی منطقه‌ی ماکو از لحاظ ساختمانی از باختر به خاور به سه پهنه تقسیم می‌گردد عبارتند از:
- پهنه‌ی باختری یا آمیزه‌ی رنگین ۲- پهنه‌ی میانی (ترسیر) و ۳- پهنه‌ی شمالی(علوی نائینی و بلورچی، ۱۹۷۳) که از نظر زمانی پهنه‌ی شمالی قدیمی ترین و پهنه‌ی میانی نیز جدیدترین آن‌هاست، محدوده‌ی مورد مطالعه در داخل پهنه‌ی میانی قرار دارد.
- این پهنه از سمت باختر به وسیله‌ی گسله‌ی بدولی از پهنه‌ی آمیزه رنگین جدا می‌شود. در نتیجه در سرتاسر قسمت باختری دارای همبری گسلی با مجموعه‌های قدیمی‌تر از خود است. از سمت شمال نیز در برخی قسمت‌ها به وسیله‌ی گسل‌های کوچک و بزرگ، ولی بیشتر با همبری‌های عادی از پهنه‌ی شمالی قابل تفکیک است (علوی نائینی و بلورچی، ۱۹۷۳)
- احتمالا پهنه‌های شمالی و باختری بعد از ائوسن زیر آب نرفته است، اما حوضه‌ی بین آن‌های (پهنه‌ی میانی) فرو نشسته و دریاهای اواسط دوران سوم سراسر آن را فرا

گرفته‌اند. این دریاها تا اواخر دورن سوم وجود داشته و رسوب‌های نسبتاً ضخیمی در آن انباشته شده‌اند.

با توجه به موارد یاد شده از لحاظ سرگذشت زمین شناختی، چشم‌انداز ژئومورفولوژیکی منطقه مدیون جنبش‌های کوه زایی پس از پلیوسن و حتی به دلیل رانده شدن سنگ‌های کربناته سازنده‌ی قم بر روی واحد کنگلومرایی مربوط به پلیوسن– کواترنر (در منتهی الیه جنوب خاوری پهنه در انتهای کوه سوکار در شمال روستای مخور، نتیجه‌ی جنبش‌های کوه زایی رخ داده در سر آغاز کواترنر بوده باشد (امینی آذر و عباسی، ۱۳۸۲). با توجه به این که جهت غالب نیروهای فشارشی[1] شمال خاوری بوده، لذا روند چین‌ها بیشتر شمال باختری– جنوب خاوری می‌باشد و بیشترشان نامتقارن و به طور معمول میل صفحه‌ی محوری به سوی شمالی است. چین خوردگی در بیشتر چین‌ها تا مرحله‌ی بریدگی و راندگی و تشکیل گسل‌های رورانده، پیش رفته است(امینی آذر و عباسی، ۱۳۸۲)

بر این اساس فرارفت تدریجی منطقه با راستای شمال باختری– جنوب خاوری از اواخر پلیوسن شروع شده و در کواترنر پیشین به اوج خود رسیده است. میزان نیروهای فشارشی وارده از سمت شمال خاوری و جنوب به حدی بوده است که مجموعه‌های سنگی در حال چین خوردگی داخل این پهنه را جابجا کرده و در برخی محل‌ها نیز از جمله جنوب خاوری دره‌ی ماکو باعث راندگی آن‌ها بر روی همدیگر شده است. بدین ترتیب دره‌ی فرونشستی ماکو به دنبال این جابجایی‌ها و جنبش‌ها در کواترنر پیشین به سبب عملکرد گسله‌ی ماکو شکل گرفته است. شواهد این گسل در طول دره‌ی ماکو وجود آئینه‌های گسل است که به صورت سطوح کاملاً سائیده شده در سرتاسر امتداد طولی آن دیده می‌شود و همچنین وجود سنگ‌های سر پانتینیزه و برش‌های زمین ساختی فراوان در پای آئینه‌ی گسل می‌باشد. دیواره‌های گسل که تقریباً به طور قائم بر شهر مسلط گردیده، پرتگاه‌هایی به ارتفاع بیش از۳۰۰ متر (درمحدوده‌ی ارتفاعی۱۷۰۰-۱۴۰۰ متر) تشکیل داده است (صمدزاده، ۱۳۷۹، ص۵). همزمان با این تحولات رودخانه‌ی زنگمار نیز که پیش‌تر بر روی مجموعه ناهمواری‌های پهنه‌ی باختری جریان داشته و به این حوضه‌ی درحال چین‌خوردگی تخلیه می‌شده، مسیر خود را بر روی خط گسل تطبیق داده است. بدین‌ترتیب مورفودینامیک بیرونی با مساعدت دینامیک درونی از اواخر پلیوسن دره‌ی فرونشستی ماکو را شکل داده‌اند. (شکل ۲)

1. Vergence.

در اواخر کواترنر به دنبال فعالیت توده‌های آتشفشانی آرارات بزرگ و کوچک که با فازهای کششی همراه بوده است، در طول رودخانه‌ی زنگمار شکستگی‌هایی بوجود آمده که روانه‌های بازالتی موجود از محل این شکستگی بیرون ریخته‌اند. بنابراین روانه‌های موجود در طول رودخانه‌ی زنگمار از نوع شکافی می‌باشند (امینی آذر و عباسی، ۱۳۸۲). سپس با تداوم جریان رود زنگمار به دلیل مقاومت بازالت در برابر فرسایش آبی، دیواره‌های مجرای جریان اصلی منطقه (رودخانه‌ی زنگمار) به صورت کاملاً عمودی (با بیشترین ارتفاع حدود۱۰ متر) ظاهر می‌گردد. در این بستر، آب رودخانه بر اثر برخورد با کناره‌های بستر، حالت دورانی پیدا کرده و به صورت دایره‌وار چرخیده و گودال‌های چاه مانندی درمسیر خود ایجاد کرده است که اصطلاحاً به «دیگ غول» موسومند.

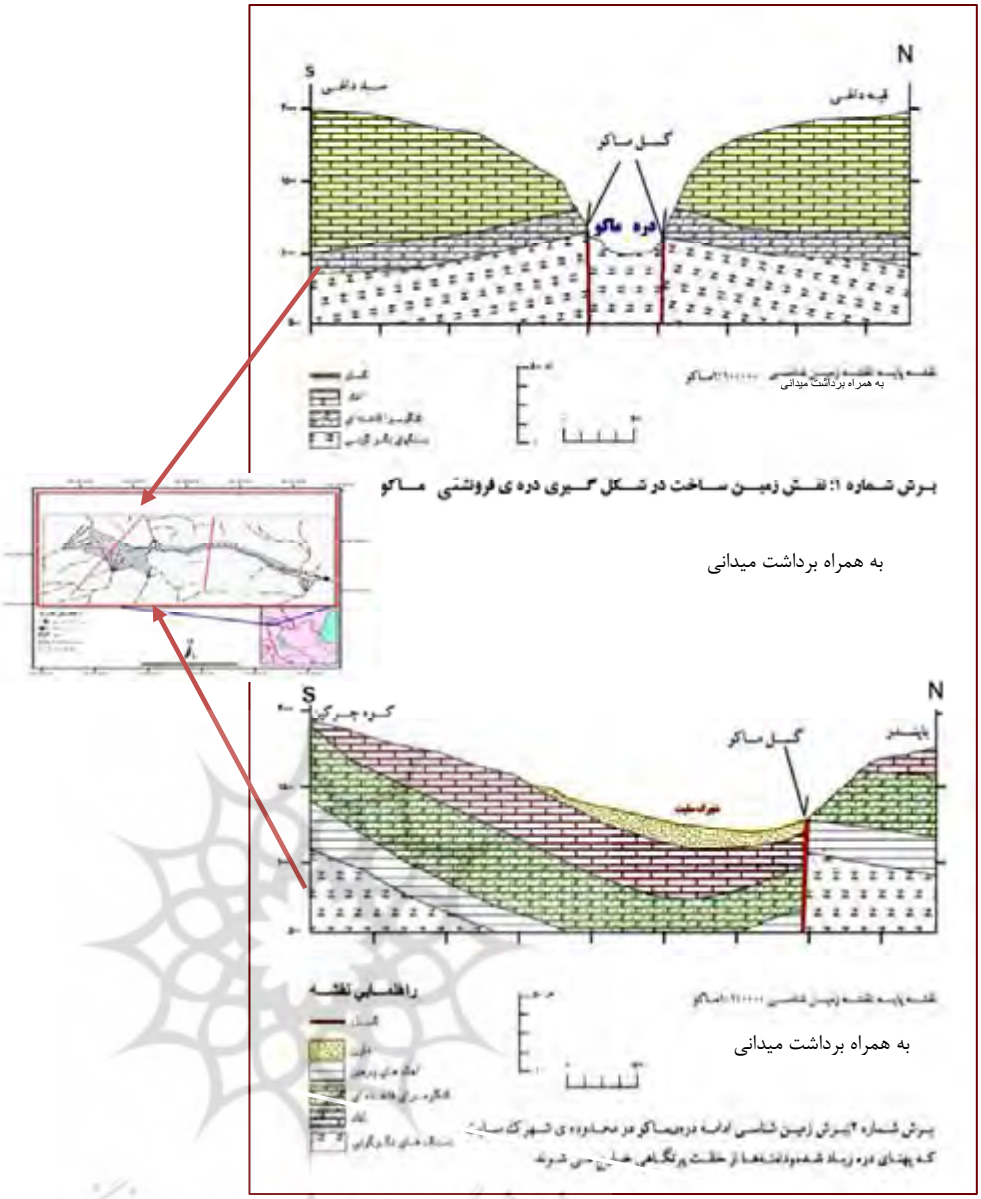
مخاطرات ژئومورفولوژیکی تهدید کننده‌ی شهر ماکو

شهر ماکو در امتداد دره‌ی فرونشستی ماکو و مجرای جریانی زنگمار به صورت خطی بنا شده است. به دلیل ویژگی‌های آب و هوایی، سنگ شناسی، زمین ساختی و ژئومورفولوژیکی رویداد انواع مخاطرات محیطی به ویژه ژئومورفولوژیکی از خصلت‌های ذاتی این دره می‌باشد. عمده‌ترین این مخاطرات عبارتند از: سنگ ریزش، جریان‌های سیلابی و زمین‌لرزه که هر کدام به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

سنگ ریزش

سنگ‌ریزش عبارتست از ریزش آزادانه یا جهشی واریزه‌های سنگی به سمت سطوح پایین دست دامنه‌های شیب دار. ابعاد سنگ ریزش‌ها از قلوه سنگ‌های منفرد تا ریزش‌های ناگهانی به وزن چندین میلیون مکعب متغیر است. سنگ ریزش‌های کوچک تر($۱۰^{۱}$-$۱۰^{۳}$ $m^{-۳}$) نخستین فرآیند مرتبط با تشکیل دامنه‌های واریزه‌ای (تالوس) هستند. (لوک من، ۲۰۰۴) در رویداد این پدیده عوامل متعددی دخیل هستند که عمده ترین آن‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۲): نقش زمین ساخت در شکل‌گیری دوره فرونشستی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

عوامل زمین ساختی و سنگ شناختی

همچنان که پیشتر نیز اشاره شد، نخستین و برترین عامل شکل دهنده درهٔ ماکو نیروهای درونی زمین بوده که شدت و تداوم فعالیت‌های آن‌ها در قالب گسله‌ی ماکو در سرتاسر امتداد طولی دره، نمود پیدا کرده است. این گسل با راستای تقریباً خاوری- باختری بخشی از کوهستان پهنه‌ی میانی (ترسیر)، را شکافته و آن را به دو واحد توپوگرافیکی جداگانه تقسیم کرده است. واحد جنوبی به نام کوه سبد (۱۹۹۲متر) و شمال نیز کوه قیه (۱۹۶۳متر) معروف است. حدفاصل این دو دیواره‌ی کوهستانی دره‌ی ماکو جای گرفته است.

مجموعه‌های سنگی سازنده‌ی این دره از پایین به بالا شامل سنگ‌های دگرگونی، کنگلومرای قاعده‌ای و آهک می‌باشد که هر سه از سنگ‌های مقاوم و سخت هستند. مقاومت این سنگ‌ها از یک طرف و شدت نیروهای وارده ازطرف دیگر باعث گردیده تا علاوه بر گسل خوردگی در سطح آنها درز و شکاف‌های متعددی شکل گرفته و به صورت مجموعه‌ی خردشده‌ای درآیند. با توجه به این که پرتگاه‌ها در سنگ‌های آهکی تشکیل شده‌اند، لذا این سنگ‌ها منبع اصلی تأمین واریزه‌ها هستند. به همین جهت در سرتاسر دره، خواه در قاعده‌ی پرتگاه‌های قائم گسلی و یا در امتداد دامنه‌ها، قطعات متلاشی شده‌ی سنگ‌های آهکی از چهره‌های معمول و آشنای منطقه است. در دیواره‌های عمودی ایجاد شده در کوه قیه که کاملاً بر شهر ماکو مسلط می‌باشد، شدت ریزش به حدی بوده که پرتگاه شکم داری را به وجود آورده است (شکل ۳).

شکل(۳) : پرتگاه گسلی کوه قیه و آثار ریزش در سطح آن،

عوامل آب و هوایی

منطقه‌ی ماکو از نظر آب و هوا از تنوع زیادی برخوردار است. از طرفی زمین‌های کم ارتفاع کناره‌های ارس همانند پلدشت تابستان‌های خیلی گرم و زمستان‌های ملایم دارد و از طرف دیگر ماکو، بازرگان، دشت‌های کلیسا کندی و چالدران تابستان‌های ملایم و زمستان‌های خیلی سردی دارند. این تغییر پذیری آب و هوا در فاصله‌ی کوتاه معلول ارتفاع زمین است. با افزایش ارتفاع از خاور به باختر تمامی فراسنج‌های آب و هوایی نیز تغییر می‌کند و خطوط همباران و هم دما در این منطقه به موازات خط الرأس کوه‌ها کشیده می‌شود.

بارش در ایستگاه‌های واقع در کناره‌ی ارس (ایستگاههای بهلول‌آباد و پلدشت) ۲۱۸/۹ الی ۲۶۳/۶ میلی‌متر است (۱۳۸۰-۱۳۶۰) در ایستگاه ماکو ۳۴۹/۸ میلی متر و در قلعه جوق که در حال حاضر تقریباً متصل به شهر ماکو است ۳۵۳/۶ میلی متر ثبت شده است؛ بدیهی است که در ارتفاعات مقدار آن بیشتر می‌باشد. به موازات این افزایش بارش، دما از خاور به باختر کاهش می‌یابد. مرداد گرم‌ترین ماه سال است. متوسط‌های مربوط به این ماه به ترتیب در پلدشت، بهلول آباد و ماکو ۲۶/۵، ۲۶/۱، ۲۳/۸ درجه‌ی سانتی‌گراد است. در مورد متوسط سردترین ماه نیز تغییرات در همان جهت و با اختلاف زیاد است. این میزان در پلدشت ۱/۸-، بهلول آباد ۲/۶- و در ماکو ۵/۸– درجه می‌باشد.

در منطقه‌ی ماکو بیشترین روزهای یخبندان ۱۴۳ روز و کمترین آن ۵۷ روز درطول سال است. این نوسان‌های دمایی ماهانه و فصلی فعالیت چرخه‌ی انجماد– ذوب را به دنبال دارد. بدین ترتیب که در فصول سرد سال که با نفوذ آب حاصل ازذوب برف‌ها و انجماد دوباره‌ی آن‌ها در لابلای درز و شکاف‌ها و ترک‌های زمین ساختی موجود در سطح و عمق دامنه و پرتگاه‌های سنگی دو طرف دره، شرایط لازم برای تشکیل واریزه‌ها فراهم آمده و در حال حاضر محصولات این فرآیند متشکل از قطعات سنگی عمدتاً درشت در قاعده‌ی پرتگاه‌های دو طرف دره دیده می‌شود. از مهم‌ترین رویدادهای پدیده ریزش تحت تأثیر شرایط آب و هوایی، در سال ۱۳۷۲ اتفاق افتاده است. در دی ماه ۱۳۷۲ در اثر بارندگی‌های پی‌درپی تخته سنگ‌های عظیمی از ارتفاعات کوه قیه به شهر سقوط کرد و باعث ویرانی چند واحد مسکونی گردیده و در اسفندماه همان سال برای چندمین بار در چند هفته، قطعه سنگ‌های بسیار بزرگی در اثر ذوب تدریجی

برف‌ها و سست بودن سازندهای زیرین، به تخریب چند واحد مسکونی دیگر که تماماً مربوط به اقشار کم درآمد شهر بود، منجر گردید.[۱]

جریان‌های سیلابی

هرچند که سیلاب پدیده‌ی هیدرولوژیکی می‌باشد، ولی با توجه به این که در محدوده مورد مطالعه در رویداد آن به شکل جریان‌های آبشاری بر فراز شهر ماکو، اشکال مورفوتکتونیکی نقش تعیین کننده‌ای دارند، لذا پدیده‌ای هیدرومورفولوژیکی محسوب گردیده و در قلمرو مخاطرات مورفولوژیکی قابل طرح و بحث است.

در سطح دامنه‌های شیب دار دو طرف دره‌ی زنگمار، زیر حوضه‌های کوچکی وجود دارد که در سطح آنها در پاسخ به بارش‌های رگباری سیستم‌های جریانی سیلابی شکل می‌گیرد. با توجه به این که همانند بخش وسیعی از ایران و آذربایجان، منطقه‌ی ماکو نیز از شرایط آب وهوایی نیمه خشکی برخوردار است و یکی از خصیصه‌های این قبیل نواحی آب و هوایی، بارش‌های رگباری است، لذا رویداد این نوع بارش‌ها در منطقه معمولاً با فاصله‌ی زمانی سالانه‌ی کوتاه، دور از انتظار نمی‌باشد که خود مطالعات کاملاً تخصصی آب و هوا شناختی را می‌طلبد. ولی به طور کلی با توجه به این که در فصل بهار ناپایداری‌های دینامیکی و دمایی در تشدید بارندگی منطقه نقش عمده‌ای دارد، بارش‌های رگباری بیشتر در این فصل و بعضاً نیز در فصل تابستان اتفاق می‌افتد.

سیلاب‌های حاصله از این قبیل بارش‌ها از رأس پرتگاه‌های شمالی که سطح نسبتاً مسطح با تمایلی به سمت هسته‌ی مرکزی شهر ماکو دارند، به صورت آبشار بر فراز شهر جاری شده که صرف‌نظر از ایجاد منظره‌ای چشم‌انداز، خسارات و لطماتی را به منازل مسکونی و تأسیسات شهری وارد می‌سازد. در بقیه‌ی زیرحوضه‌های کوه قیه هرچند که این جریان‌ها با تشکیل آبشار همراه نیستند، ولی با همان شدت و ویرانگری اتفاق می‌افتد. این جریان‌ها که با گل‌ولای و سنگریزه‌های ریز و درشت همراه است، سطح کوچه‌ها و خیابان‌های واقع در مسیر خود را به ضخامت بیش از یک متر می‌پوشاند که تمیزکردن این معابر و بازگرداندن به حالت نخست حتی با مساعدت و هم کاری دستگاه‌های ذیربط شهرهای مجاور، چندین روز طول می‌کشد.

در رویداد این جریان‌ها علاوه بر خصیصه‌های آب وهوایی، جهت دامنه‌ها نیز تأثیرگذار هستند، بدین‌ترتیب که ارتفاعات شمالی دره (کوه قیه) که جهت جنوبی دارند همواره آفتاب‌گیر بوده و

---

۱. روزنامه‌های همشهری، یکشنبه ۱۲ دی ماه ۱۳۷۳ و کیهان پنجشنبه ۱۲ اسفند ماه ۷۲.

دوام برف‌ها در طول زمستان چند روز پس از بارش به طول نمی‌کشد. این ویژگی باعث حاکمیت سیستم فرسایشی رگزیستاری و گسترش مواد واریزه‌ای درسطح دامنه‌ها و کوهستان گردیده است. به طوری که بیشتر از ۹۰ درصد سطح آن‌ها را خاک‌های نارس همراه با سنگریزه‌های ریز و درشت پوشش می‌دهد. این ویژگی‌ها، فقر پوشش گیاهی را در سرتاسر دامنه‌های ارتفاعات شمالی به دنبال دارد. این در حالی است که دامنه‌های شمالی ارتفاعات جنوبی دره (کوه سبد) مخصوصاً در قسمت مرکزی آن که آئینه‌های گسلی پرتگاه‌های عمودی به ارتفاع بیش از ۲۰۰ متر (۱۶۰۰–۱۴۰۰ متر) را تشکیل داده، از اوایل آبان ماه تا اواخر اسفند ماه در سایه قرار می‌گیرند. در نتیجه در صورت ریزش برف کافی معمولاً تا اواخر اسفند ماه دامنه‌ها زیر پوشش برف قرار گرفته و بدین ترتیب پدیده‌ی برفساب حداقل در بخشی از سال در سطح آن‌ها فعال بوده و عمل کربناسیون یا انحلال آهک در آب محتوی اسید کربنیک صورت می‌گیرد که ماهیت شیمیایی داشته و تشکیل و تکوین خاک حتی با ستبرای اندک (عمدتاً لیتوسل‌های آهکی) برآیند آن است. این وضعیت باعث گردیده تا دامنه‌های با جهت شمالی نسبت به دامنه‌های جنوبی دره‌ی ماکو از لحاظ پوشش گیاهی در وضعیت مطلوب‌تری قرار گیرند. لذا هنگام رویداد رگبارها، به دلیل مدت کوتاه بارش و شدت فوق‌العاده‌ی آن و همچنین عدم جذب آن توسط محیط (به دلیل فقر پوشش گیاهی و خاک) با ایجاد سیلاب در دامنه‌های جنوبی، خسارت‌های جبران ناپذیری را از نظر طبیعی و انسانی به دنبال دارد. طبیعتاً خطر این جریان‌ها در اواخر بهار و ماه‌های تابستان به علت خشکی زمین به مراتب بیش از فصول دیگر است (نگاره‌های شماره‌ی ۲ و ۳).

در دامنه‌های کوه سبد که جهت شمالی دارند هرچند که رویداد این سیلابها دور از انتظار نمی‌باشد ولی با توجه به این که قاعده‌ی این دامنه‌ها مستقیماً به بستر بازالتی رود زنگمار ختم می‌گردد و همچنین با در نظر گرفتن ویژگی یاد شده‌ی آن‌ها، لذا خطرپذیری جریان‌های سیلابی در سطح آن‌ها در مقایسه با دامنه‌های شمالی کمتر است.

آخرین و مخرب‌ترین این جریان‌ها مربوط به تابستان ۱۳۸۷ می‌باشد که نگارنده شخصاً ناظر آن بوده است، تقریباً حوالی ساعت ۱۹/۱۵، تاریخ ۱۹ مرداد ماه سال ۱۳۸۷ به دنبال رویداد یک بارش رگباری به مدت حدود ۱۰ دقیقه به مقدار ۲۰ میلی‌متر و با شدت ۱۲۰ میلی‌متر در مدت زمان کوتاهی سیلی ویرانگر تمامی خیابان‌های اصلی و کوچه‌ها و معابر شهر را در نوردیده و آن را به رودخانه‌ی خروشان و بزرگی تبدیل نمود و بدین‌ترتیب فرصت هرگونه تصمیم‌گیری را از هر شهروندی سلب کرد. در این حادثه، سیل علاوه بر داخل شهر ماکو، برخی روستاهای تقریباً واقع در محدوده‌ی حریم شهری، از جمله باغچه جوق و قلعه جوق را هم فرا گرفته بود.

برابر آمار رسمی اعلام شده از سوی مسئولین ۳۸۵ اماکن تجاری و مسکونی روستایی و شهری در معرض سیل‌گرفتگی قرار گرفته بودند که ۳۵ باب آن روستایی و ۳۵۰ باب منزل در داخل شهر ماکو بود که خساراتی از ۵ درصد تا ۱۰۰ درصد را شامل می‌شدند. در بین اموال و اثاثیه مردم ۱۵۰ خانوار دچار آب گرفتگی شد. خسارت دیدن ۷۰۰ دستگاه خودرو مردم از نقاط قابل توجه سیل ماکو بوده است. در بخش صنعت نیز ۴ واحد کارخانه تولیدی و ۵۸ واحد صنفی و اداری در معرض سیل قرار گرفته بودند که مجموعاً بیش از ۸ میلیارد و دویست میلیون تومان خسارت بر مردم و شهر وارد شده است. این در حالی است که به مبلغ فوق هزینه‌های خودروهای آسیب دیده هنوز لحاظ نشده است. در این حادثه متاسفانه ۴ نفر از همشهریان نیز جان خود را از دست دادند. [۱]

در مجموع، طول مسیر آسیب دیده در این سیل ۲۴۵۵۹ متر، مساحت کل آسیب دیده ۳۲۸۷۳ متر مربع، و جمع کل خسارت ریالی ۱۵۵۱۶۸۴۵۰۰۰۰ ریال برآورده شده است. [۲] این در حالی است که تقریباً یک ماه بعد یعنی در تاریخ ۸۷/۶/۲۱ با رویداد بارش رگباری دیگری، جریان سیلابی ویرانگر مرداد ماه دوباره تکرار شد، هر چند که ابعاد و تلفات آن کمتر بود. در این سیل نیز طول مسیر آسیب دیده ۸۱۵۰ متر، مساحت کل آسیب دیده، ۱۱۹۲۱۱ متر مربع و جمع کل خسارت مالی، ۵۶۹۱۶۷۷۵۰۰ ریال برآورده شده است. [۳]

شکل (۴): ارتفاعات جنوبی دره ی ماکو(کوه سبد) و دامنه‌های با نگاه شمالی

پرتال جامع علوم انسانی

۱. روزنامه آوای ماکو شماره ۲۰۹، ۳۱ مرداد ماه ۱۳۸۷.
۲. گزارش اولیه خسارات وارده به راه‌ها و معابر شهری به شهرداری ماکو تابستان ۱۳۸۷.
۳. گزارش اولیه خسارات وارده به راه‌ها و معابر شهری. شهرداری ماکو، تابستان ۱۳۸۷.

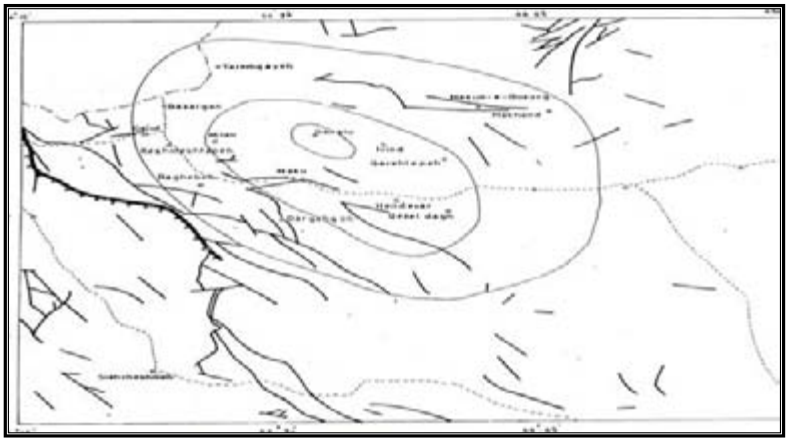
شکل (۵): ادامه‌ی باختری ارتفاعات کوه قیه و پرتگاه‌های عمودی گسلی

زمین لرزه

منطقه‌ی ماکو واقع در شمال باختری ایران، خاور ترکیه و بخش جنوبی قفقاز کوچک از ویژگی‌های لرزه‌ی زمین‌ساختی پیچیده‌ای برخوردار است. از لحاظ ساختاری در این منطقه چهار گسل ناحیه‌ای به همدیگر گره می‌خورند. این گسل‌ها عبارتند از: گسل آناتولی شمالی و آناتولی خاوری. گسل شمال تبریز و گسل‌های اصلی عصر حاضر و گسل‌های ماکو و بدولی (بربریان ۱۹۷۷، ص ۱۵۱). در این میان گسل ماکو در امتداد دره‌ی ماکو و گسل بدولی که در ۲۰ کیلومتری باختری آن واقع گردیده، حائز اهمیت می‌باشد. عملکرد این دو گسل در منطقه در طول سده‌ی بیستم چندین زمین لرزه‌ی ویرانگری را به دنبال داشته است که قدیمی‌ترین آن زمین لرزه‌های ۱۹ مارس تا ۸ آوریل روستای دانالو واقع در ضلع شمالی بلوار ماکو می‌باشد. بزرگ ترین این سری از زمین لرزه‌ها ۴ ریشتر بود که در ماکو، بازرگان، سید چشمه و روستاهای اطراف احساس شد. از ۱۹ تا ۳۰ مارس در مجموعه ۴۸ پس لرزه در منطقه احساس شد (بربریان ۱۹۷۷، ص ۱۶۵).

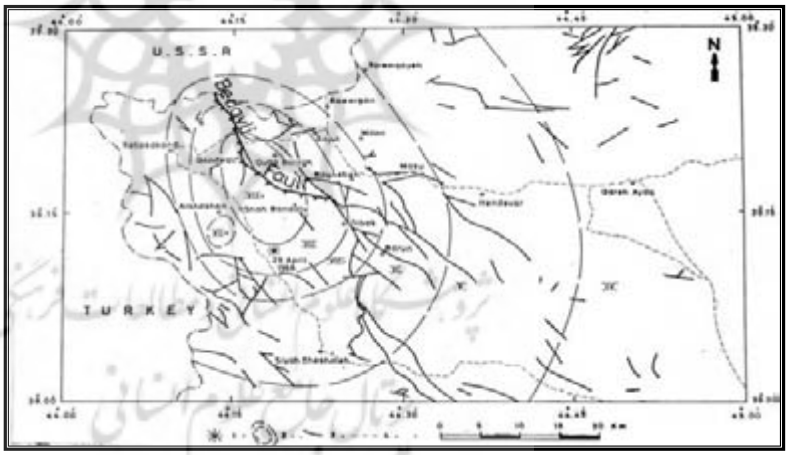
نمونه‌ی دیگر زمین لرزه‌ی نهم اردیبهشت ماه ۱۳۴۷(۲۹ آوریل، ۱۹۶۸) بدولی است که بدون هیچگونه پسلرزه‌ای در ۲۰ کیلومتری باختری ماکو روی داد. این زمین لرزه در وسعتی معادل ۸ هزار کیلومتر مربع در آذربایجان غربی احساس شد و در نتیجه آن در منطقه ماکو بیش از ۹ روستا آسیب دید و ۱۰ روستا نیز کاملاً تخریب یافتند. ۳۷ نفر کشته و ۲۶ نفر نیز زخمی شدند و بیشینه‌ی شدت این زمین لرزه VII در مقایس مرکالی (MMI) بوده که منجر به روی داد زمین لغزش روستای پرا خود یک گردید. عامل اصلی این زمین لرزه فعالیت گسل بدولی معرفی شده

است که با شاخه‌های فرعی به طول ۸۰ کیلومتر در باختر ماکو مجموعه‌های آمیزه‌های رنگین را در مجاورت با سازندهای قم (اولیگو- میوسن) قرار داده است.



شکل (۶) : ناحیه کانونی زمین لرزه‌ی ۲۰ و ۲۱ مارس ۱۹۶۶ دانالو (بربریان، ۱۹۷۷، ص ۱۶۴)
۱- خطوط هم لرز ۲- گسل ۳- گسل معکوس بدولی ۴- جاده.

همچنان که پیش تر نیز اشاره شد، منطقه‌ی ماکو در طول تاریخ تکامل زمین ساختی خود از پر کامبرین تا کواترنر چندین فاز کششی و فشاری را متحمل شده است (بربریان ۱۹۷۷، ص ۱۹۸). فعالیت دوباره‌ی گسل‌ها و لرزه‌خیزی منطقه ادامه‌ی فازهای یاد شده در عصر حاضر می‌باشد.



شکل (۷): ناحیه‌ی کانونی زمین لرزه ۹ اردیبهشت ۱۳۴۷ بدولی (۲۹ آوریل ۱۹۶۸) در باختر ماکو (بربریان، ۱۹۷۷)
۱- کانون زمین لرزه ۲- خطوط هم لرز ۳- گسل‌ها ۴- جاده.

برای تکمیل این مبحث و به منظور آرایش فضایی مخاطرات ژئومورفولوژیکی، با ایجاد لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS و با استفاده از نرم افزار Arc GIS 9.2 نقشه‌های پهنه‌بندی خطر تهیه شده که جزئیات آن در جدول (۱) ارائه گردیده است.

جدول (۱): منابع اطلاعاتی تهیه شده برای نقشه‌های پهنه بندی خطر در محدوده مورد مطالعه

شماره	نام نقشه	منابع اطلاعاتی تهیه شده
۱	نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین لرزه	نقشه‌ی گسل‌های دره‌ی ماکو ومناطق پیرامونی آن با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰و ۱:۱۰۰۰۰۰ماکو به همراه برداشت‌های میدانی وتعیین حریم آن‌ها، نقشه نقاط کانونی زمین لرزه‌های ثبت شده منطقه از ابتدای سده‌ی بیستم تا سال ۲۰۰۶ میلادی بر پایه‌ی داده‌های خام گزارش موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران وسپس تهیه نقشه خطوط هم‌لرز
۲	نقشهٔ پهنه‌بندی خطر ریزش	نقشه‌های شیب،ژئومورفولوژی و سنگ‌شناسی محدوده به همراه منحنی‌های هم دما وهم بارش
۳	نقشهٔ پهنه‌بندی خطر جریان‌های سیلابی	نقشه اوروهیدروگرافی حوضه، محاسبه دوره‌های بازگشت رگباری با شدت‌های ۱۰۰،۵۰وبیش از ۱۰۰میلیمتر در ساعت که به ترتیب ۲۰،۳۰و ۵۰ ساله می‌باشد، تعین حریم مسیل‌های منتهی به دره ماکو

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات راهبری در راستای مدیریت خطر و خطرپذیری

در بطن ارتفاعات مرکزی منطقه‌ی ماکو با دخالت نیروهای زمین ساختی و دست‌کاری فرآیندهای مورفودینامیکی از دوره‌ی میوسن تا اواخر کواترنر محیط ژئومورفولوژیکی، منحصر به فردی به شکل یک دره‌ی فرونشستی با پرتگاه‌های عمودی و واریزه‌های عمدتاً درشت پدید آمده است که در داخل آن بزرگ‌ترین مرکز جمعیتی منتهی‌الیه شمال باختری ایران یعنی شهر ماکو جای گرفته است.

در این دره متلاشی شدن سنگ‌ها در ابعاد چندین متر و ریزش و حرکت آن‌ها در روی دامنه‌های شیب‌دار که بعضاً باعث ویرانی خانه‌های سر راه می‌شود. علاوه بر این که به هوازدگی و نقش ژئودینامیک بیرونی مربوط می‌شود، با نیروهای درونی زمین نیز تقویت می‌گردد؛ بدین ترتیب که گسل ماکو با شکستن و جابجایی سنگ‌های سخت رویی و کنگومراهای سفت و سخت شده زیرین در طول شهر ماکو که ادامه‌ی آن به سمت خاور و باختر به ترتیب تا دشت‌های هند و بازرگان ادامه می‌یابد، گستره‌ی نامقاومی را در برابر فرآیندهای مورفودینامیکی به وجود آورده است. رویداد زمین لرزه نیز در مقیاس وسیعی در توسعه و گسترش این پدیده و ایجاد درز و شکاف که بستر بسیار مناسبی برای فعالیت‌های هوازدگی فیزیکی به ویژه یخ شکافتگی، جهت متلاشی ساختن سنگ‌هاست، مؤثر واقع می‌شود. شیب تند پرتگاه‌ها و آئینه‌های گسل نیز در سقوط

صخره‌های بزرگ پس از جدا شدن از سنگ مادر نقش بسیار مهمی در رویداد پدیده‌ی ریزش ایفا می‌نماید. اما مهم‌ترین خطری که شهر ماکو و ساکنین آن را به طور جدی تهدید می‌کند، رویداد سیل‌های ویرانگر است. هرچند که سیل مؤلفه‌ی هیدرولوژیکی است، ولی وجود چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیکی که با مساعدت نیروهای زمین ساختی تشکیل و تکوین یافته شرایطی را فراهم ساخته است که جریان‌های سیلابی در مسیر جریانی خود به صورت آبشار با ارتفاع بیش از ۳۰۰ متر برفراز شهر ریزش نموده و تلفات و خسارات جبران‌ناپذیری را پدید آورند.

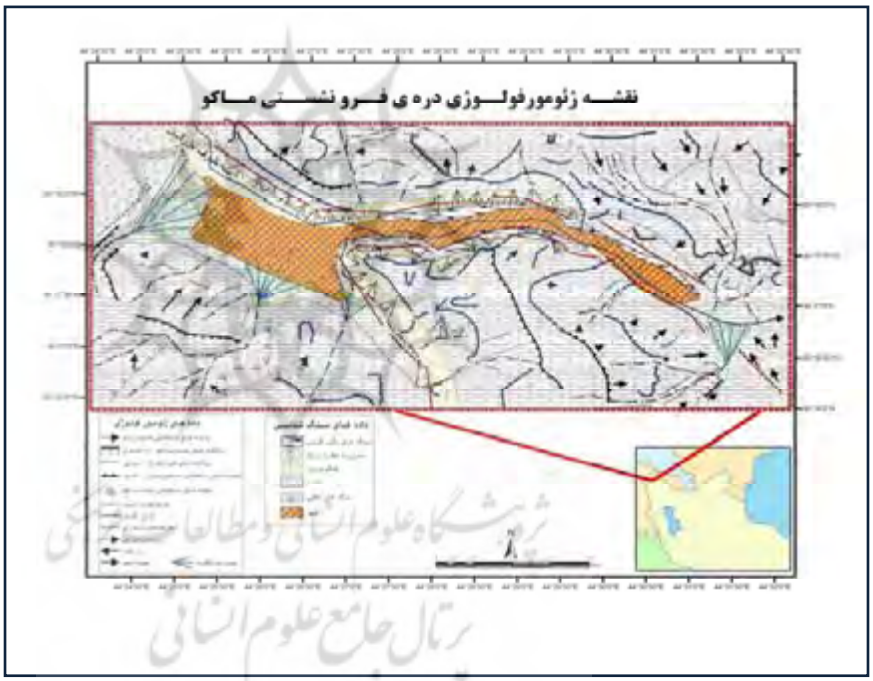
یکی از پیام‌های مستقیم و غیرمستقیم رویداد سیل در دره و شهر ماکو، تخریب بخش عمده‌ای از زیر ساخت‌های شهری در کوتاه‌ترین زمان ممکن، عدم برنامه‌ریزی‌های از پیش تعیین شده و هدفمند جهت مقابله با چنین رویدادی است. با توجه به این که امکان رویداد مخاطرات مختلف ژئومورفولوژیکی از خصلت‌های جدایی‌ناپذیر این محیط پویای کوهستانی است و از طرف دیگر مسئولین نیز آشنایی کاملی با این قبیل حوادث دارند، ولی تا به حال هیچگونه اقدامات و تمهیدات عملی برای مقابله با آن‌ها از جمله تخلیه مسیر جریان‌های سیلابی صورت نگرفته است. لذا نخستین اقدام اساسی به منظور مدیریت کارآمد خطر و خطرپذیری تخلیه مسیر جریان‌های سیلابی از تمامی ساخت و سازهای شهری (مسکونی و تجاری) و تبدیل این معابر به فضاهای سبز است.

همان‌گونه پیش‌تر نیز اشاره شد از این شهر تحت عنوان «**دروازه‌ی اروپا**» یاد می‌شود، و معمولاً عملکرد مورد انتظار از یک دروازه، ایفای نقش به عنوان یک پل ارتباطی است؛ شرط عملی شدن این نقش تعویض سرتاسری خیابان مرکزی شهر است که از وسط دره‌ی ماکو گذشته و شریان اصلی ایران اروپا نیز محسوب می‌گردد. هرچند که بیشتر قسمت‌های این خیابان تعریض شده است، ولی بخشی از آن که بافت مرکزی، قدیمی و فرسوده‌ی شهر را در بر می‌گیرد، به یک پروژه‌ی نیمه جانی تبدیل شده است که تکمیل و اتمام نهایی آن به یکی از آرزوهای دست نیافتنی شهروندان تبدیل شده و هم اکنون نیز چشم‌انداز نامطلوبی را در فضای شهری پدید آورده است. از طرف دیگر شرط اعمال مدیریت کارآمد، تحقق اتمام این پروژه است. زیرا رویداد دو حادثه‌ی سیل اخیر نشان داد و مردم و مسئولین نیز به چشم خود دیدند که ترافیک حاصله در خیابانی به پهنای ۶ متری تا چه اندازه‌ای در امر امدادرسانی تأخیر ایجاد کرد.

تکرار بارش‌های رگباری علاوه بر رویداد جریان‌های سیلابی یاد شده در طول زمان باعث شست و شوی عناصری ریزبافتی می‌شوند که به عنوان سیمان اولیه‌ی مواد واریزه‌ای موجود در سطح دامنه‌های دره‌ی ماکو عمل می‌کنند. پیامد این فرآیند، جابجایی سنگ‌ها در ابعاد متفاوتی خواهد بود که در صورت همراهی زمین لرزه‌ای نه چندان بزرگ، خطری بسیار ویرانگرتر از سیل را به

دنبال خواهد داشت. لذا ریزش و زمین لرزه انرژی پتانسیلی نهفته شده‌ای هستند که آزادسازی آن‌ها، شهر را همچنان تهدید می‌کند. به همین جهت تخلیه‌ی کامل قسمت مرکزی این دره (از محله‌ی بشگوز تا خانه‌های سازمانی) از تمامی فضاهای مسکونی، تجاری و خدماتی و اختصاص آن‌ها به فضاهای تفرجگاهی طبق برنامه‌ریزی زمان‌بندی شده و در یک بازه زمانی مشخص ضرورت اجتناب‌ناپذیری است که بایستی تحقق پیدا کند. زیرا هرگونه کوتاهی و تعلل در انجام آن به قیمت بهای جان شهروندان ماکویی تمام خواهد شد. هرچند که در برنامه‌ی عمران و توسعه شهر محل جدید و مناسبی که همان شهرک سایت باشد، در نظر گرفته شده است، ولی در حال حاضر عمدتاً به طبقات اعیان‌نشین و مرفه شهر اختصاص یافته است.

برای توجیه اقتصادی پیشنهادات راهبردی یاد شده، همین بس که بر روی مجموع خسارات ریالی برآورده شده در جریان‌های سیلابی تابستان ۸۷ که از ۲۰ میلیارد ریال فراتر می‌رود و هم چنین فوت ۴ شهروند اندکی تأمل نمائیم. آیا باز هم تعلل جایز است؟ واقعاً چه کسی بایستی پاسخگوی این سوال باشد؟



شکل (۸)

منابع

۱. آب و خاک، شرکت مهندس مشاور(۱۳۵۳)گزارشات عملیات ژئو فیزیک منطقه ماکو
۲. امینی آذر و عباسی(۱۳۸۲). نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه‌ی ماکو. سازمان زمین‌شناسی کشور.
۳. بلورچی. محمد حسین (۲۵۳۵). گزارش بررسی‌های زمین‌شناسی اطراف شهر ماکو. سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش چاپ نشده داخلی.
۴. بنیادمسکن انقلاب اسلامی (۱۳۷۷) طرح ساماندهی روستاهای پراکنده‌ی ماکو، بخش مطالعات محیطی، صمدزاده، رسول
۵. سازمان هواشناسی کشور، آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیکی ماکوو پلدشت (۱۳۸۷-۱۳۶۴)
۶. صمدزاده، رسول (۱۳۷۹). تشکیل و تکامل تنگ‌های منطقه‌ی ماکو، مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران،شماره ۳۹.
۷. مشاهدات و مطالعات میدانی.
۸. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۵۰۰۰۰. برگه‌های ماکو و بازرگان. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۹. عکس‌های هوایی۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴. منطقه. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و تصویر ماهواره‌ای ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه.

10. Alavi, Naini,M.B :M.H (1973). explanatory of Maku quadrangle map 1:250000.G.S.I
11. Berberyan, M (1973) contribution to the seismotectonic of Iran. Part geological and Mining survey of Iran, report No 40. P.151-202
12. Grozieh ,M, & Glade (2005), Landslide Hazard and Risk: issues, Concepts and Approach, john wiley press. P.1-34
13. LUCKMAN, B, (2004), ROCKFALL, ENCYCLOPEDIA of GEOMORPHOLOGY, volume, Routledy press, P. 882,
14. PANIZZA, M, (2004), ENvironmental Geomorphology, ENCYCLOPEDIA of GEOMORPHOLOGY, volume 1, Routledge press, P. 318-320
15. ROSENFELD, C. L. (2004), GEOMORPHOLOGICAL HAZARD, ENCYCLOPEDIA of GEOMORPHOLOGY, volume 1, Rovtledge press, P, 423-426

پرتال جامع علوم انسانی