هیدروژئومورفولوژی، شماره ۲، بهار ۱۳۹۴، صص ۲۳-۱
وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۸/۱۰ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳

بررسی و پهنه‌بندی مناطق مستعد به وقوع سیل با تأکید بر سیلاب‌های شهری (مطالعه موردی: شهر ماکو)

حسن احمدزاده[۱]

رشید سعیدآبادی[۲]

الهه نوری[۳]

چکیده

در میان کل سوانح طبیعی، سیلاب بیشترین خسارت را به بخش کشاورزی، شیلات، مسکن و زیرساخت‌ها وارد می‌سازد و به‌شدت روی فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی تأثیر می‌گذارد و تعداد بی‌شماری از افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رخداد چندین سیل توأم با خسارت‌های جانی و مالی در شهر ماکو نشان‌دهنده ضرورت مطالعه جامع در این زمینه در حوضه‌های منتهی به شهر ماکو از جمله زیرحوضه‌های کوچک کوهستانی شمالی شهر است. در این پژوهش نخست ویژگی‌های فیزیوگرافی محدوده مورد مطالعه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، توابع تحلیلی GIS و WMS معین کردیم. سپس پهنه‌های تولید سیل را در منطقه با تأکید بر شهر ماکو شناسایی و مسیل‌های هدایت‌کننده سیلاب به کالبد شهر را تحلیل کردیم. نتایج نشان داند که توپوگرافی خشن، ضخامت کم عناصر منفصل روی سنگ بستر و ظرفیت ناچیز آنها برای نگهداشت آب، نبود پوشش گیاهی مناسب، تجاوز به حریم سیلاب‌ها و تبدیل آنها به سطوح نفوذناپذیر، شرایط را برای جریان سیل‌های مخرب به‌ویژه هنگام وقوع بارش‌های رگباری در ماه‌های خشک سال مهیا می‌سازد به‌گونه‌ای که روان‌آب حاصل از یک بارش با شدت ۱۲۰ میلی‌متر در ساعت، در حدود ۲/۵ میلیون مترمکعب برآورد شد. از این میزان ۳۳۸ هزار متر مکعب از زیرحوضه‌های کوچک شمالی مشرف به شهر، حاصل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سیلاب‌های شهری، پهنه‌بندی، کاربری اراضی شهری، شهر ماکو.

۱ـ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری(نویسنده مسئوول) E-mail:h_ahmadzadeh@tabrizu.ac.ir
۲ـ استادیار آب و هوا شناسی دانشگاه ارومیه
۳ـ دانشجوی کارشناسی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تبریز

مقدمه

سیل یکی از پیچیده‌ترین و مخرب‌ترین رویدادهای طبیعی است و بیش از هر بلای دیگری، جان و مال انسان و شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه را به مخاطره می‌اندازد، هر چند مدیریت صحیح آن می‌تواند منبع بزرگی جهت تأمین نیازهای آبی یک منطقه باشد (تلوری، ۱۳۷۶: ۹). اگر وقوع این پدیده، ناگهانی و شدید باشد، باعث به‌وجود آمدن خسارت‌های زیادی می‌شود. بررسی مجموعه عوامل محیطی که موجب ایجاد سیل هستند، نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه‌های آبخیز، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه سطوح نفوذناپذیر و امثال آن امکان وقوع سیل را در مناطق گوناگون افزایش می‌دهد. جمع‌آوری و دفع روان‌آب‌های ناشی از بارندگی در مسیل رود در واقع از اقدامات ایمنی، بهداشتی و رفاهی به حساب می‌آیند (قنواتی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۲۱).

بدیهی است که عوامل اقلیمی و عوامل حوضه‌ای در بروز سیلاب‌ها تأثیر دارند، اما برای جلوگیری از آثار زیانبار سیل نمی‌توان در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد نمود. بنابراین هرگونه راه‌حل اصولی و چاره‌ساز را باید در روی زمین و اختصاصاً در حوضه‌های آبخیز جستجو کرد. در این ارتباط، اولین اقدامی که برای کاهش خطر سیل مطرح می‌شود، مهار سیل در سرچشمه آن یعنی زیرحوضه‌های آبخیز است. مسلماً برای انجام دادن این‌کار شناسایی مناطق سیل خیز در داخل حوضه لازم است. تولید روان‌آب در یک حوضه آبخیز به عوامل متعددی بستگی دارد که از جمله آنها می‌توان به خصوصیات حوضه آبخیز، میزان بارش، نفوذ و شرایط پیشین حوضه اشاره کرد (سینگ[1]، ۱۹۹۷: ۱۸).

تجارب مطالعاتی و مدیریتی کشورهای مختلف نشان می‌دهد که اولین گام در جهت کاهش آثار زیانبار سیل، شناخت مناطق سیل‌گیر و پهنه‌بندی این مناطق از لحاظ میزان خطر سیل‌گیری است تا بتوان بر اساس نتایج به‌دست آمده، درباره نحوه استفاده از اراضی و کاربری‌های مختلف کشاورزی، صنعتی، خدماتی و مکان‌یابی سکونتگاه‌های شهری و روستایی تصمیم‌گیری اصولی و بهینه نمود و آثار زیانبار سیل را تا حد ممکن به حداقل رسانید. یکی از ابزارهای بسیار مؤثر در مطالعات محیطی و علوم زمین، استفاده از فناوری سنجش از دور و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است (علوی پناه، ۱۳۸۲: ۱۵).

یکی از مخاطرات طبیعی که شهر ماکو در طی سال‌های اخیر با آن مواجه بوده، پدیده سیل است. توسعه فیزیکی نامناسب شهر بر روی مسیل‌های قدیمی، به‌علت نبود فضاهای مناسب برای ساخت و سازها، هر مسیری را برای جریان روان آب سطحی شهر مسدود کرده است. این امر سبب می‌شود که هنگام وقوع

1- Singh

بارندگی، روان آب حاصل از ارتفاعات اطراف، به‌ویژه از قسمت شمالی شهر، به‌صورت سیل وارد بافت کالبدی شهر شده و خسارت‌های زیادی به‌بار آورد.

شهر ماکو در دره‌ای با بستر سنگی سخت و نفوذناپذیر در داخل حوضه آبریز زنگمارچای استقرار یافته است. بیش از ۵۷۸ کیلومتر مربع از مساحت این حوضه، در بالادست شهر ماکو جا گرفته است و به‌دلیل خصوصیات فیزیوگرافی خاص حوضه آبریز و وجود دامنه‌های پرشیب کوهستانی مسلط به شهر در ضلع شمالی و جنوبی تحت تأثیر سیل‌های مخرب بهاری و تابستانه قرار دارد. به‌عنوان مثال در ۱۷ مرداد ماه ۱۳۸۷، در نتیجه یک بارش رگباری با شدت ۲۰ میلی‌متر در ۱۰ دقیقه، در شهر ماکو سیلی جاری شد که باعث ایجاد خسارت بر ۳۵۰ واحد مسکونی، ۷۰۰ دستگاه خودرو، ۵۸ واحد صنفی، آب گرفتگی واحدهای مسکونی ۱۵۰ خانوار و تخریب کلی ۲۲ واحد مسکونی شد. در این جریان ۸۲ نفر مصدوم شدند و ۴ نفر نیز جان خود را از دست دادند (هفته نامه آوای ماکو ۳۱ مرداد ۱۳۸۷، شماره ۲۰۹). مسؤولان اجرایی شهرستان ماکو میزان خسارت ناشی از این سیل را ۸۲ میلیارد و ۸۵۳ میلیون ریال اعلام کردند. بارش‌های رگباری سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰ و تابستان ۱۳۹۱ که منجر به آب‌گرفتگی شدید معابر عمومی در ماکو شد، بیانگر شایع بودن وقوع سیل در این شهر و وجود ابهامات گسترده در مسایل مرتبط با مدیریت کمی و کیفی سیلاب‌های شهری است و برای چاره‌اندیشی آنها و مدیریت یکپارچه شهری و نیز توسعه پایدار، اجرای طرح‌های تحقیقاتی اجتناب ناپذیر است. لذا پژوهش حاضر با هدف شناسایی مناطق مستعد تولید روان‌آب، پهنه‌بندی مکان‌های در معرض خطر سیل و یافتن راهکارهای مناسب جهت کاهش آثار زیانبار سیل در شهر ماکو به انجام رسید.

در ارتباط با شناسایی و پهنه‌بندی مناطق سیل‌گیر با استفاده از روش‌های سنجش از دور و GIS و تجزیه و تحلیل میزان خطر، پژوهش‌های زیادی در داخل و خارج انجام گرفته است. در سال ۱۹۹۴ سوان وراکامتون[1] با استفاده از مدل HEC-1 و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) آثار تغییر کاربری اراضی بالادست حوضه آبخیز را روی الگوی سیلاب در نواحی پایین دست حوضه مورد ارزیابی قرار داد. نتایج تحقیق نشان داد که با کاهش مساحت جنگل، روان‌آب حوضه اصلی و زیرحوضه‌ها افزایش یافته و تغییرات کاربری اراضی در بالادست حوضه در به‌وجود آمدن سیل در اراضی پایین دست حوضه تأثیر اساسی داشـته است. فرانسیسکو[2] و همکاران (۱۹۹۹) به‌منظور اتصال[3] سیستم GIS با مدل‌های هیدرولوژی و هیدرولیکی، مناطق تحت تأثیر سیل را در رودخانه‌ها به نقشه در آوردند. استفان[4] (۲۰۰۲) در تحقیقی در حوضه رودخانه سنگ‌زرد[5] واقع در ایالت مونتانای امریکا

1- Swan werakamton
2- Francisco
3- Coupling
4- Stephan
5- Yellowstone

به بررسی سیل‌های به وقوع پیوسته در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ پرداخت و نهایتاً پهنه‌های سیل ۱۰۰ و ۵۰۰ ساله را تعیین کرد و نتیجه گرفت که تغییر کاربری اراضی بیشترین تأثیر را در ایجاد سیلاب دارند. کلدیتز[1] و همکاران (۲۰۰۳) در حوضه پانکو در مکزیک اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل را با تلفیق اطلاعات سنجش از دور با روش ژئومورفولوژیکی تهیه کرد. طبق نظر ایشان تلفیق اطلاعات سنجش از دور می‌تواند نقشه‌هایی با توان تفکیک بالا تهیه کند که برای پهنه‌بندی سیل در مناطق وسیع می‌تواند بسیار مفید باشد. فیلیپ[2] و همکارانش (۲۰۰۶: ۱۱۸۰) با مطالعه رکوردهای تاریخی درازمدت از بارندگی، روان آب و دیگر عوامل اقلیمی را برای تحقیق در تمایلات و تغییرات هیدرولوژیکی در حوضه آبریز رودخانه وُلتا[3] (واقع در غرب آفریقا) در دوره زمانی ۱۹۰۱ تا ۲۰۰۲ بررسی کرده‌اند. یافته‌های تحقیق آنها نشان داد که عوامل اقلیمی (شدت بارندگی، نوع بارش و دمای هوا) تأثیر مهمی در چگونگی سیل (شدت و دوام) در ارتباط با ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه (شکل حوضه، جنس زمین، شیب و کاربری اراضی) دارد.

در ایران نیز وهابی (۱۳۷۶) با به‌کارگیری روش‌های سنجش از دور و GIS، برای پهنه‌بندی خطر سیل در حوضه آبریز طالقان اقدام کرد. طیبی (۱۳۸۴) با استفاده از مدل‌های منطق بولین و فازی در GIS، به مطالعه و پهنه‌بندی توان سیل‌خیزی با توجه به ویژگی‌های ژئومورفیک حوضه آبریز سبزوار پرداخته است. معیری و انتظاری (۱۳۸۸: ۱) علل و عوامل مؤثر بر ایجاد سیلاب‌ها و میزان خسارت ناشی از آنها را در شهرستان‌های پرخطر استان اصفهان مطالعه کرده‌اند. کردوانی و همکاران (۱۳۸۸: ۱) در تحلیل منطقه‌ای سیلاب‌های لارستان به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین عوامل وقوع سیلاب‌های لار شدت و مدت بارش و هم‌چنین توپوگرافی منطقه است و اصلی‌ترین مسیل لار که به بافت قدیم شهر آسیب می‌رساند، مسیل دربند است مسیل تنگ اسد نیز به بافت جدید شهر آسیب می‌زند. قهرودی تالی (۱۳۸۸: ۱۶۷) مدل یکپارچه سیلاب شهری را در بخش‌هایی از شمال و شمال‌شرق کلانشهر تهران مطالعه کرده و نشان داد که برای کاهش سیلاب در تهران، می‌توان سیلاب‌های بالادست را کنترل نمود. در این راستا چهار نقطه را برای مدیریت سیلاب‌ها مکان‌گزینی کرده‌اند. هم‌چنین از نظر ایشان به این دلیل که شبکه ارتباط شهری بدون توجه به جهت زهکشی طبیعی تهران ایجاد شده‌اند؛ مسیل‌های تهران را از هدایت سیلاب‌ها ناتوان ساخته است. لذا این وظیفه را گذرگاه‌های شهری مانند اتوبان‌ها، خیابان‌ها و کوچه‌ها انجام می‌دهند. نصری و سبزی (۱۳۹۰) سیلاب‌ها و شبکه مسیل‌های تأثیرگذار به شهر زواره (شهرستان اردستان استان اصفهان) را با توجه به برنامه‌ریزی شهری مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که با شناخت وضعیت شبکه مسیل‌ها، دبی جریان و

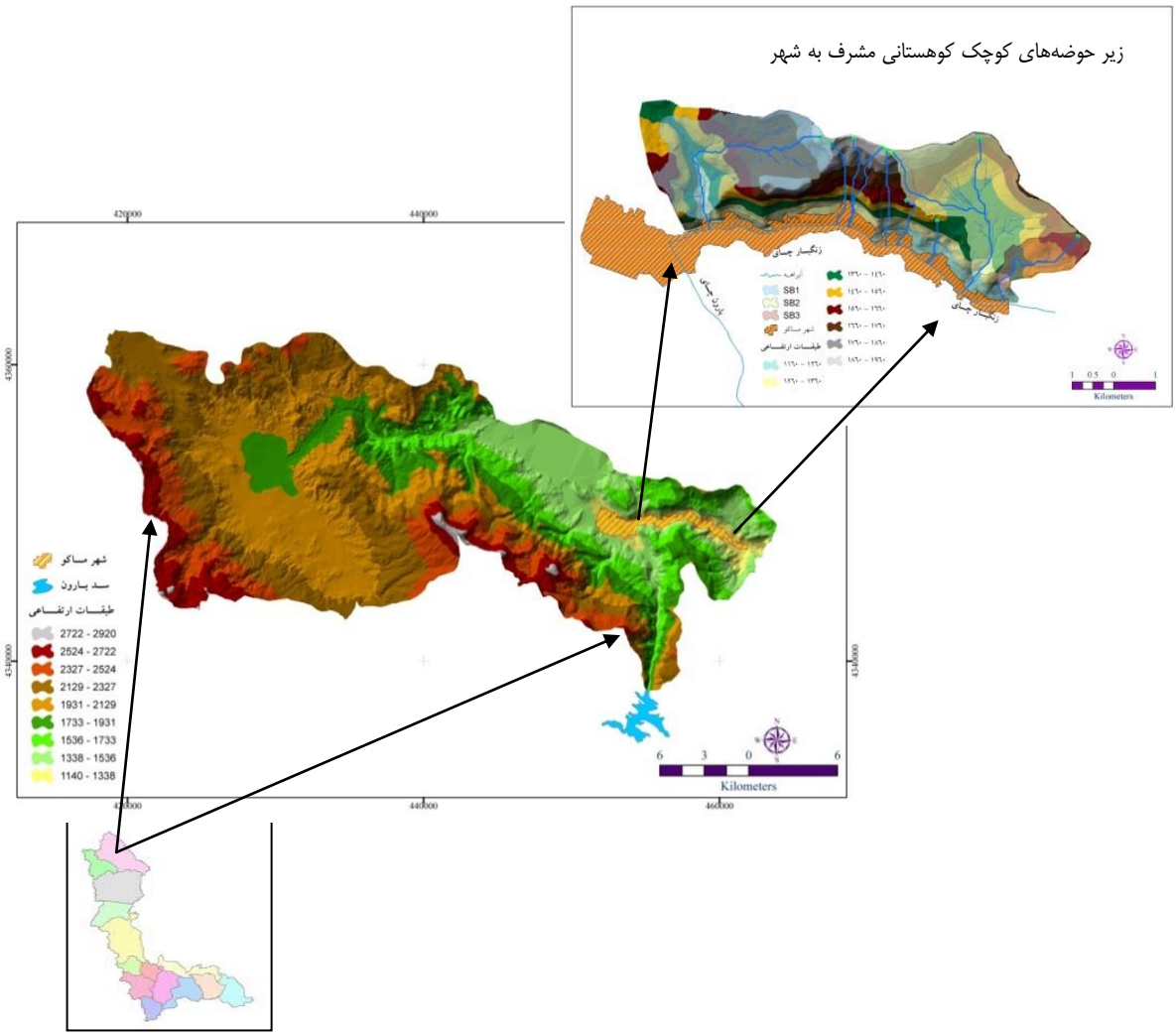
1- Colditz
2- philip
3- Volta River Basin

ویژگی‌های مورفومتری حوضه آبریز مشرف به شهر، می‌توان برای ایمن‌سازی شهر را برنامه‌ریزی کرد. در جدیدترین مطالعات نیز بومری و همکاران (۱۳۹۰: ۱۲۹) پهنه‌های سیلابی و ویژگی‌های فیزیوگرافی و کمی حوضه آبریز دامن (در استان سیستان و بلوچستان) را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور مطالعه کرده و نتیجه گرفتند که بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای برای مناطقی که فاقد آمار و اطلاعات کافی در خصوص پدیده سیل هستند، بسیار مفید است و با تفسیر تصاویر با وضوح بالا می‌توان پهنه‌های آسیب‌پذیر از سیل را شناسایی و طبقه‌بندی کرد.

با عنایت به اهمیت موضوع مدیریت سیل‌های سالیانه در شهر ماکو و نبود مطالعات در این راستا، پژوهش حاضر ضمن استفاده از تجربیات مطالعات پیشین در مورد به‌کارگیری سنجش از دور و GIS، به‌خصوص در مناطقی که کمبود داده‌های آماری وجود دارد، به شناسایی مناطق پر خطر و مدیریت بهینه سیلاب‌ها می‌پردازد.

شناخت عرصه پژوهش

ماکو از شهرهای شمال‌غربی استان آذربایجان غربی است و از نظر موقعیت مطلق جغرافیایی مابین ۳۹ درجه و ۱۶ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۳۹ درجه و۱۸ دقیقه و ۳ ثانیه عرض شمالی و ۴۴ درجه و۲۶ دقیقه و ۲۸ ثانیه تا ۴۴ درجه و۳۳ دقیقه و ۲۹ ثانیه طول شرقی قرار گرفته است. این شهر بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰، دارای ۵۲۳۰۲ نفر جمعیت و ۲۲۸۴۲ خانوار بوده است. از نظر موقعیت استقرار، شهر ماکو در تنگه‌ای به طول ۱۴ کیلومتر در بین دو رشته کوه مرتفع «قَیَه داغ» در شمال و «سبد داغی» در جنوب واقع شده است. این دو رشته کوه به موازات هم و با فاصله‌ای در حدود ۵۰۰ متر از هم قرار گرفته‌اند. رودخانه زنگمار تنها مجرایی است که در داخل بافت کالبدی شهر از غرب به شرق جریان می‌یابد. طول این رودخانه در داخل کالبد فیزیکی شهر در حدود ۱۲/۵ کیلومتر بوده ولی عرض آن متفاوت است و کل آب‌های سطحی شهر و حوضه ۵۷۸۴۵ هکتاری بالادست خود را زهکشی می‌کند. بستر و کناره‌های این رودخانه از سنگ‌های بازالتی حاصل از آتشفشان کوه آرارات شکل یافته است و پیچ‌وخم‌های زیادی دارد. با عنایت به این‌که بیشتر روان آب‌های سطح حوضه در بدو ورود به شهر، وارد مجرای رودخانه زنگمار شده و از آن خارج می‌شود ولی اغلب سیل‌های مخرب شهر ماکو از دامنه‌های جنوبی «قیه داغ» و مسیل «دانالو» وارد شهر می‌شود و خسارت‌های سنگینی را به بافت شهر تحمیل می‌نماید، این قسمت از حوضه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت (اشکال ۱و ۸) و (جدول ۱).



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و طبقات ارتفاعی آن

مواد و روش‌ها

برای انجام دادن این تحقیق با توجه به اهداف و ماهیت آن، از روش‌های کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی استفاده کردیم. بدین ترتیب که در مراحل مختلف تحقیق، بازدیدها و برداشت‌هایی از منطقه مورد مطالعه به عمل آمده است. به‌طور کلی برای انجام دادن پژوهش حاضر از داده‌ها و اطلاعات زیر استفاده شده است:

ـ تصاویر ماهواره SPOT سال ۲۰۰۵؛

ـ نقشه‌های توپوگرافی منطقه ماکو با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰؛

ـ نقشه زمین‌شناسی (برگ ماکو) با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰؛

ـ نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان آذربایجان غربی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰؛

ـ داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، باران‌سنجی و دبی‌سنجی منطقه ماکو؛

ـ یک دستگاه سامانه موقعیت‌یاب جهانی[1]

تصاویر و نقشه‌های تهیه شده در بدو امر آماده‌سازی و زمین مرجع شدند. تجزیه و تحلیل اطلاعات تهیه شده را با شناسایی و جداسازی محدوده‌ای از حوضه آبریز رودخانه زنگمارچای که در بالادست ساختگاه شهر ماکو واقع شده، آغاز کردیم. در این راستا از قابلیت‌های نرم‌افزارهای Arc/map، spatial analyst plus، Arc/hydro و سامانه مدیریت حوضه‌های آبریز (WMS)[2] استفاده کردیم. به این منظور ابتدا DEM حوضه را ایجاد و محدوده مورد نظر را در شش واحد هیدرولوژیکی مجزا، تجزیه و تحلیل و ارزیابی کردیم.

یکی از معیارهای اساسی در تولید روان آب حوضه، زمان تمرکز است. که بر اساس فرمول‌های تجربی مختلف قابل محاسبه است. در محدوده مورد مطالعه برای محاسبه آن از معادله کرپیچ استفاده شده است:

$$t_c = 0.949\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$ رابطه (۱)

در معادله فوق

tc = زمان تمرکز بر حسب ساعت

L = طول مسیر حرکت آب در داخل حوضه (کیلومتر)

H = اختلاف ارتفاع بین نقطه تمرکز و بلندترین قسمت حوضه (متر)

میزان روان آب در یک حوضه را می‌توان متناسب با خصوصیات فیزیکی آن و شدت بارندگی، بر اساس فرمول‌های تجربی بر حسب ارتفاع یا حجم روان آب محاسبه کرد. یکی از فرمول‌های کاربردی روش SCS است.

$$R = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)}$$ رابطه (۲)

R = ارتفاع روان آب بر حسب اینچ

P = ارتفاع بارندگی (اینچ)

S = عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین است که مقدار آن برابر است با:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$ رابطه (۳)

1- Global Positioning System (GPS)
2- Watershed Management System

CS = مقدار نفوذ آب در حوضه است که بر اساس نوع خاک و نوع اراضی از روی جداول تعیین می‌شود (علیزاده، ۱۳۷۷: ۳۷۰).

برای بررسی وضعیت پوشش گیاهی منطقه، با به‌کارگیری رابطه زیر، شاخص NDVI از تصویر ماهواره‌ای SPOT استخراج شد:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$ رابطه (۴)

بر اساس این شاخص، تراکم پوشش گیاهی بین ۱ و ۱- تعیین می‌شود. هرچه عدد به سمت ۱ سوق پیدا کند، نشانگر تراکم زیاد پوشش گیاهی و هر چه به سمت ۱- پیش رود، بیانگر کمبود و ضعف پوشش گیاهی است.

برای استخراج نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از رهیافت طبقه‌بندی نظارت‌شده[1] به روش حداکثر احتمال[2] تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. این روش واریانس و کوواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند (علوی پناه، ۱۳۸۲ : ۳۱۱).

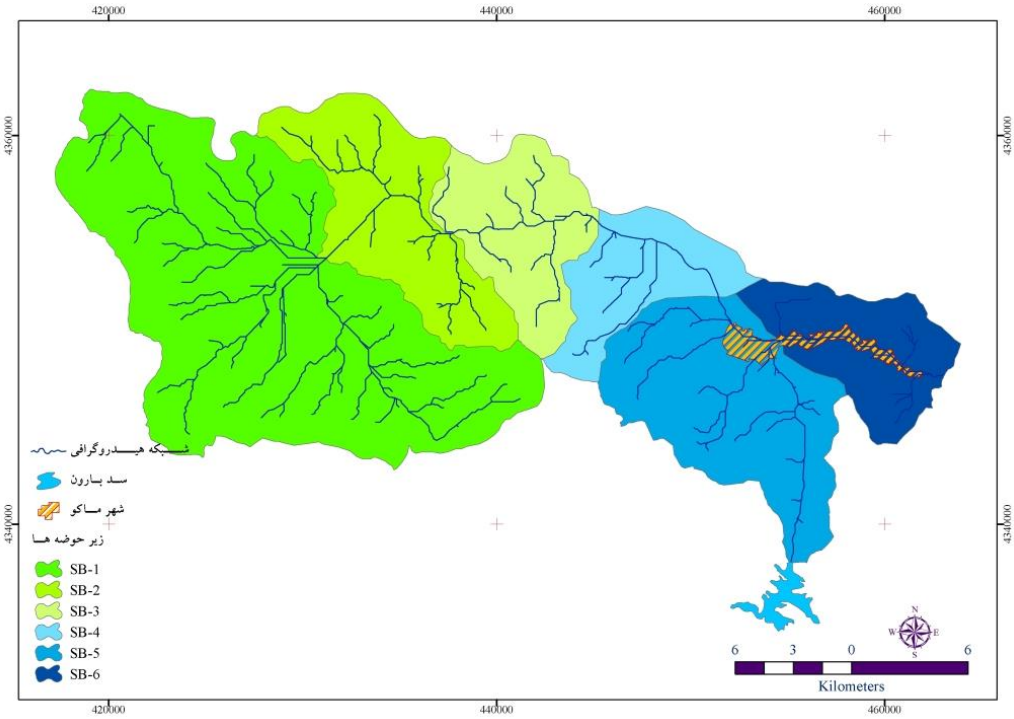
خصوصیات فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه

جهت تحلیل ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه و تعیین مرز زیرحوضه‌ها، و نیز برای درک بهتر رفتار هیدرولوژیکی آنها در برابر رگبارها، با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزاری Arc/map و spatial analyst plus و Arc/hydro و WMS، ابتدا DEM حوضه ایجاد شد. سپس محدوده مورد نظر در شش واحد هیدرولوژیکی مجزا، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول۴). نتایج نشان می‌دهد که بیش از ۱۱ درصد حوضه شیب ۲۵ درجه و بیشتر از آن را دارد و اکثر مناطق پرتگاهی در اطراف شهر ماکو قرار گرفته‌اند (جدول ۱ و ۲ و اشکال۲ و ۳).

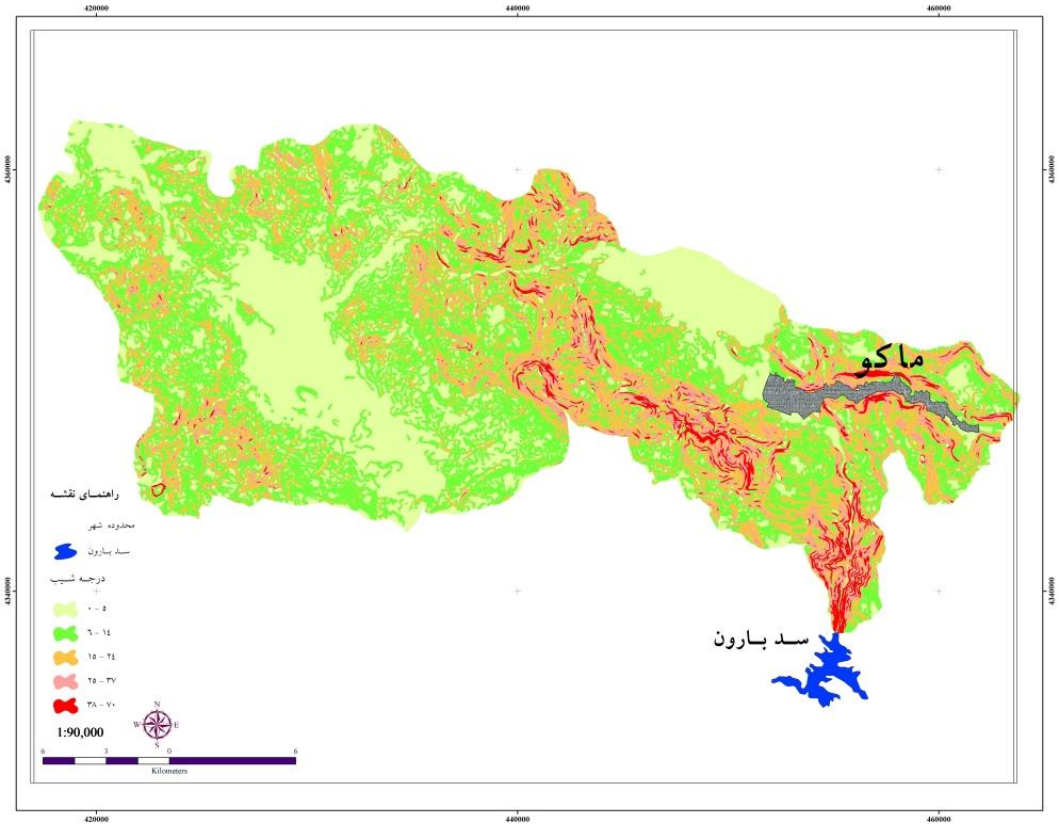
جدول (۱) دامنه تغییرات شیب در زیرحوضه‌های مشرف به شهر ماکو

دامنه شیب(درجه)	۵ - ۰	۱۴ – ۶	۲۴ – ۱۵	۳۷ – ۲۵	۷۰ - ۳۸	کل
سطح اشغال شده(هکتار)	۶۸۹/۶	۸۸۱/۸	۷۵۱	۳۶۷/۹	۱۲۵/۹	۲۸۱۶/۲
درصد مساحت	۲۴/۵	۳۱/۳	۲۶/۷	۱۳	۴/۵	۱۰۰

1- Supervised classification
2- Maximum likelihood



شکل (۲) نقشه واحدهای هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه



شکل (۳) نقشه شیب حوضه زنگمار در بالا دست شهر ماکو

جدول (۲) دامنه تغییرات شیب و میزان سطح اشغال آن در حوضه زنگمار (دست شهر ماکو)

دامنه شیب (درجه)	سطح اشغال شده (هکتار)	درصد مساحت
۰ - ۵	۱۸۰۶۰	۳۱/۲۲
۶ – ۱۴	۲۰۸۹۰	۳۶/۱۲
۱۵ – ۲۴	۱۲۴۷۳	۲۱/۵۶
۲۵ – ۳۷	۴۹۸۰	۸/۶۱
۳۸ - ۷۰	۱۴۴۰	۲/۵
کل	۵۷۸۴۳	۱۰۰

وضعیت پوشش گیاهی

کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی، از قبیل میزان و پراکنش آنها، به‌لحاظ تأثیری که در مورفوژنز و مورفودینامیک منطقه می‌گذارد، اهمیت زیادی دارد. لذا مطالعه آن می‌تواند اطلاعات با ارزشی از فرایندهای فرسایشی و تحول منطقه ارائه دهد. تراکم پوشش گیاهی در منطقه یکسان نیست بلکه با توجه به عوامل متعدد مانند ارتفاع، دما، بارش، نوع خاک، توپوگرافی و اقلیم از پراکندگی خاصی دارد. گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پوشش گیاهی با روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است. لذا استفاده از داده‌های دورسنجی امکان مطالعه پوشش گیاهی را فراهم می‌آورد (شکل ۴).

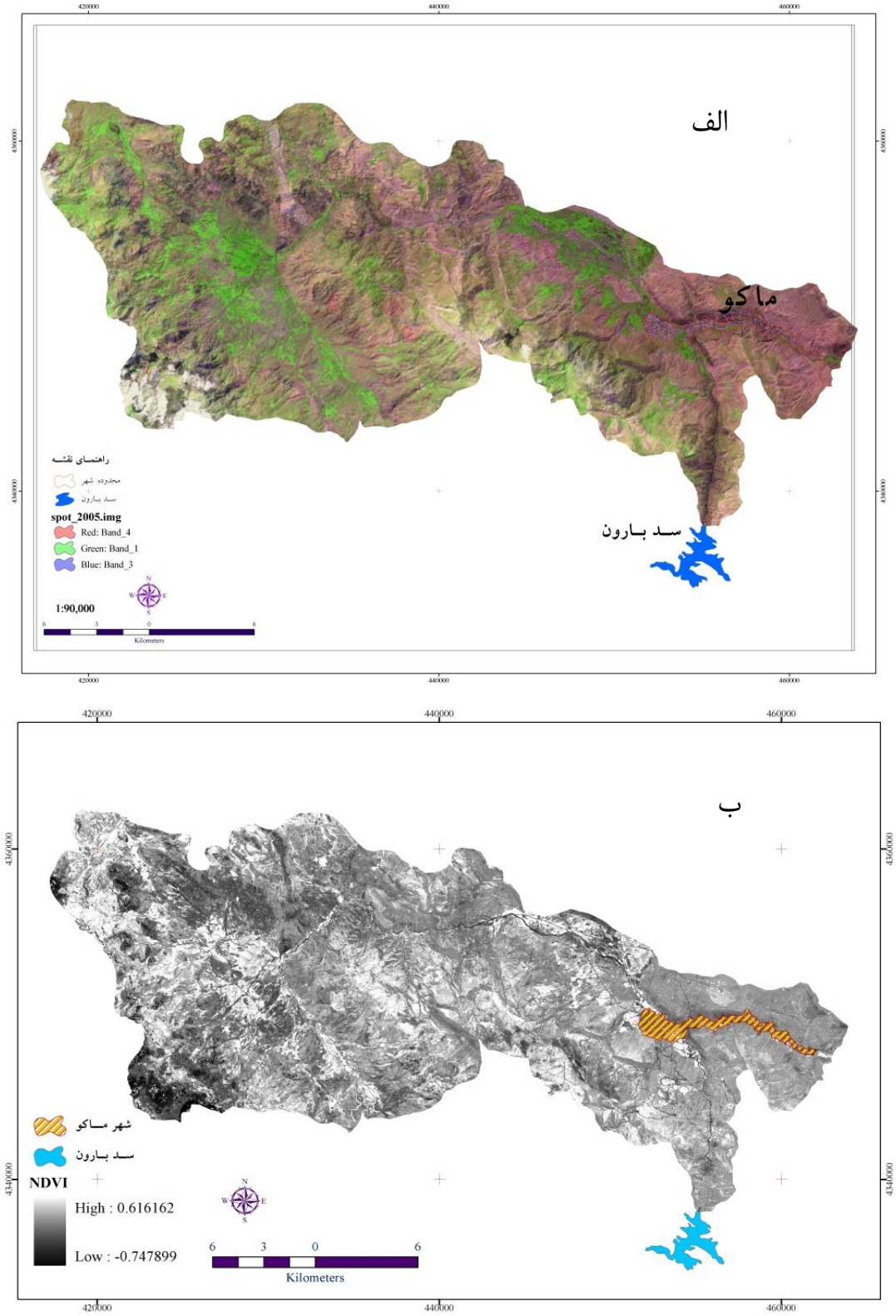
نوع اراضی

مطالعات میدانی و بررسی نقشه‌های موجود نشان داد که نوع غالب اراضی در این حوضه، کوهستانی است و در پای دامنه‌های آن ریزش واریزه نیز دیده می‌شود، اما اراضی پست و هموار دشت‌های سیلابی وسعت کمتری دارند (شکل۵).

وضعیت خاک حوضه

خاک عمده حوضه مورد مطالعه با توجه به نوع و کیفیت خاک‌ها در سیستم فائو، بیشتر، از نوع خاک‌های رگوسول[1] و لیتوسول[2] است و در اغلب نقاط با محدودیت عمق خاک، شوری و فرسایش‌پذیری همراه است. نقشه خاک منطقه بر اساس طبقه‌بندی فائو در شکل(۶) نشان داده شده است.

1- Reglesols
2- Lithosols



شکل(۴) (الف) تصویر ماهواره‌ای SPOT-5 و (ب) NDVI منطقه مورد مطالعه

کاربری اراضی

روش‌های مختلفی برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به‌کار می‌روند که از میان آنها طبقه‌بندی نظارت شده[1] به‌روش حداکثر احتمال[2] تاکنون به‌عنوان دقیق‌ترین و پراستفاده‌ترین روش‌ها ذکر شده است. این روش واریانس و کوواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند (علوی پناه، ۱۳۸۲: ۳۱۱). نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه با استفاده از تصویر ماهواره‌ای Spot-5 و پس از محاسبات آماری (جدول۳ و ۴) جهت ایجاد FCC ، در محیط نرم‌افزاری ENVI با روش حداکثر احتمال استخراج شد. بر اساس این تحلیل‌ها، تقریباً ۴۰ درصد منطقه را انواع مرتع متراکم و نیمه‌متراکم تشکیل می‌دهد، ۲۴ درصد اراضی بدون کاربری است و ۱۷ درصد آن را برون‌زد سنگی پوشش می‌دهد (شکل ۷).

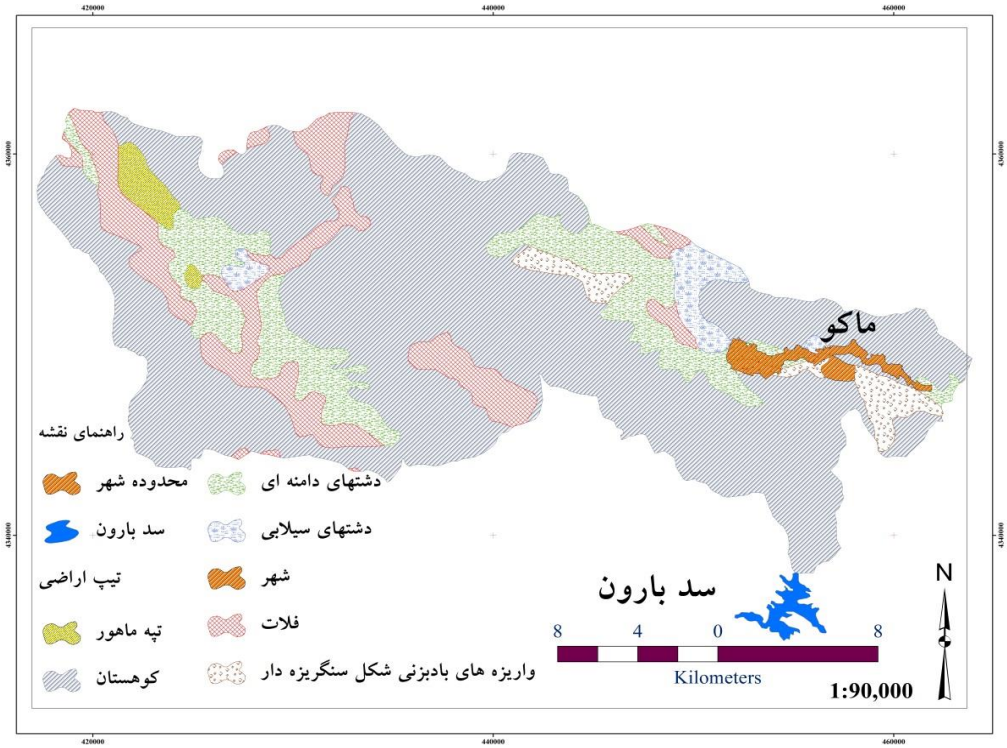
جدول (۳) پارامترهای آماری باندهای طیفی

Basic Stats	Min	Max	Mean	Stdev
Band 1	۰	۲۵۴	۵۰/۰۱	۵۱/۸۷
Band 2	۰	۲۵۴	۳۴/۹۴	۳۹/۲۴
Band 3	۰	۲۵۴	۳۹/۱۹	۴۲/۳۸
Band 4	۰	۲۵۴	۴۹/۳۷	۵۱/۹۳

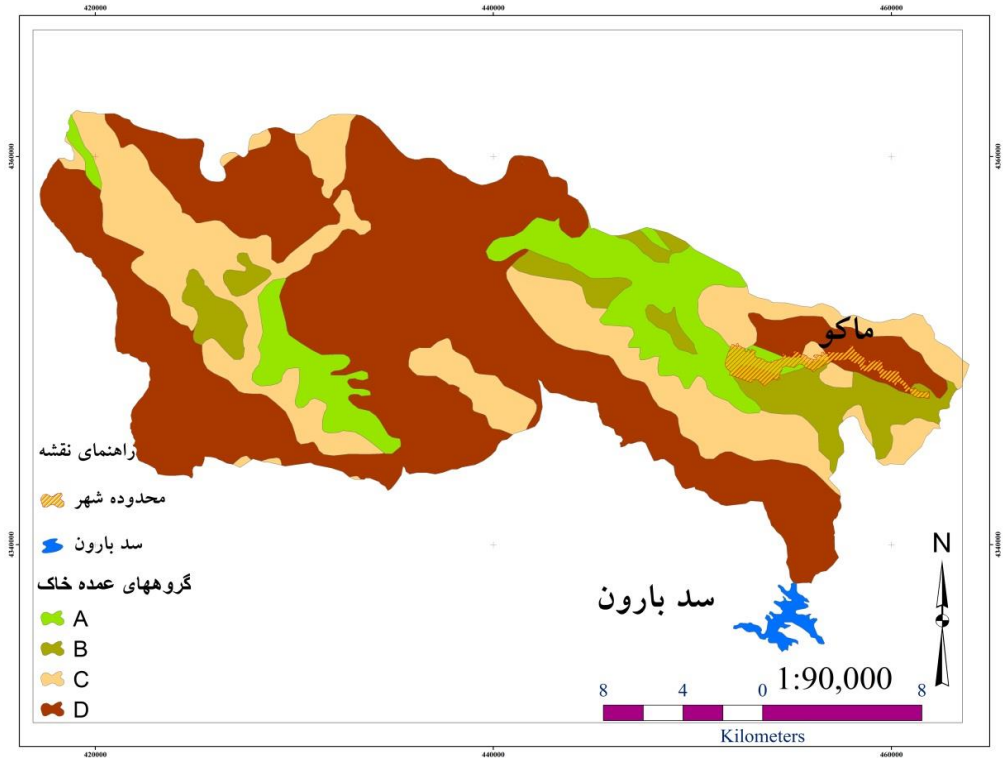
جدول (۴) ضریب همبستگی بین زوج باندها

Correlation	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4
Band 1	۱	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۳
Band 2	۰/۸۸	۱	۰/۹۹	۰/۹۷
Band 3	۰/۹۲	۰/۹۹	۱	۰/۹۷
Band 4	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۷	۱

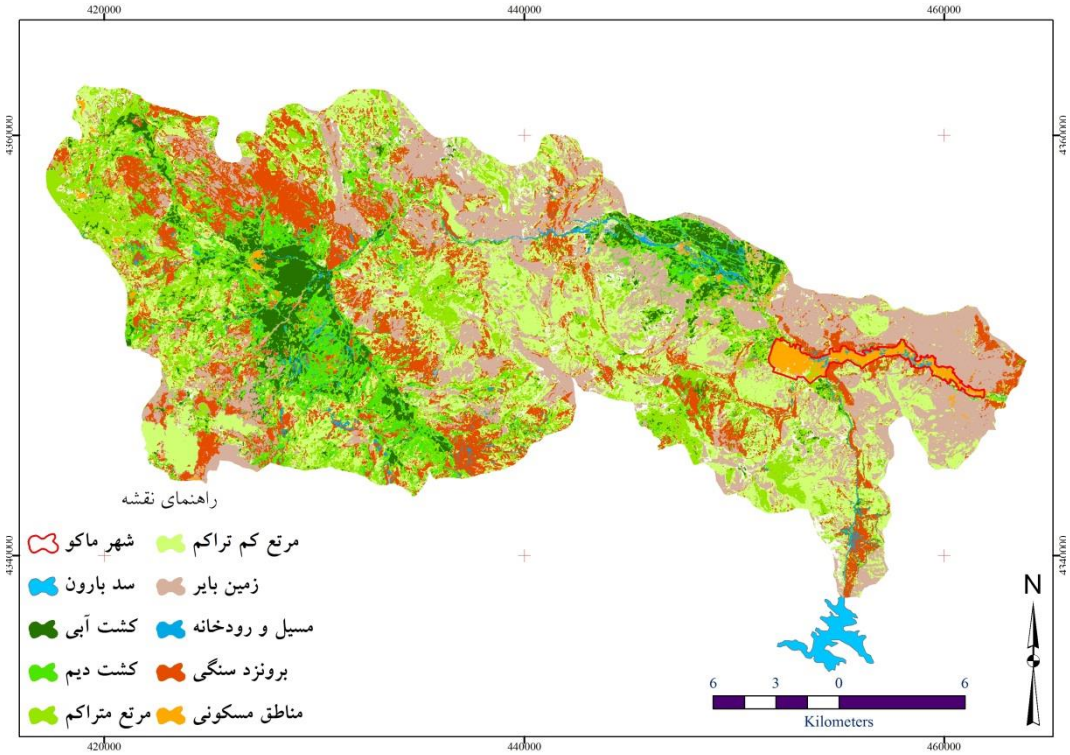
1- Supervised classification
2- Maximum likelihood



شکل (۵) نقشه نوع اراضی منطقه مورد مطالعه (منبع: نقشه زمین شناسی ماکو و نقشه قابلیت اراضی آذربایجان غربی)



شکل (۶) نقشه نوع خاک منطقه مورد مطالعه (منبع: نقشه زمین‌شناسی ماکو و نقشه قابلیت اراضی آذربایجان غربی)



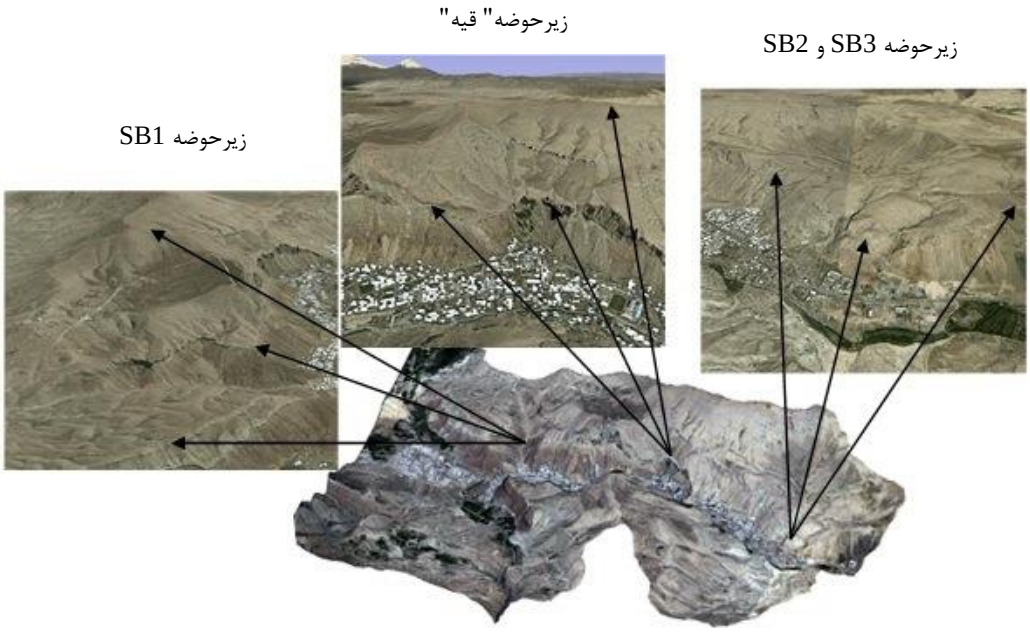
شکل (۷) نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه مستخرج از تصویر ماهواره‌ای SPOT – 2005

یافته‌های تحقیق

ارزیابی میزان روان‌آب سطوح طبیعی به‌علت تأثیرات متقابل بین توپوگرافی، عمق آب زیرزمینی، شدت و تداوم بارش و خصوصیات نفوذپذیری که به‌وسیله خاک و پوشش گیاهی تعدیل می‌شوند، پیچیده‌تر است زیرا تمام سطح حوضه در تولید روان‌آب نقش یکسانی ندارند. به این ترتیب، نقش شرایط اولیه حوضه در پتانسیل تولید روان‌آب اهمیت پیدا می‌کند (Chow and et al; 1988: 532). در خصوص مساحت حوضه و ارتباط آن با مقدار روان‌آب تولید شده، برخی از محققان، وسعت مساحت را به افزایش حجم روان‌آب (صدقی؛ ۱۳۶۳: ۱۴-۲) و بعضی دیگر افزایش مساحت را به فزونی دبی منوط دانسته‌اند (Singh, 1997: 18). در منطقه مورد مطالعه وجود گستره وسیعی از سطوح نفوذناپذیر و شیب تند آنها شرایط ایجاد روان آب، و سیل‌های مخرب به هنگام رگبارهای زودگذر را فراهم می‌آورد.

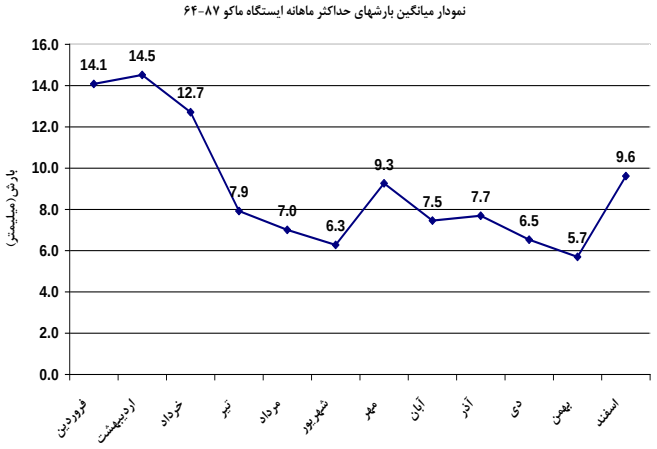
جریان سطحی هورتونی به‌عنوان یکی از انواع اصلی تولید روان‌آب و سطوح مشارکتی، زمانی به‌وجود می‌آید که شدت بارش بیش از نرخ نفوذ باشد. در این حالت، پس از تأمین ذخایر گودالی جریان سطحی به‌وجود می‌آید. معمولاً جریان سطحی هورتونی از سطوحی با خاک‌های رسی و کم عمق، سطوح عاری از پوشش گیاهی، سطوح شهری و سطوح با خاک‌های فشرده که ظرفیت نفوذ را کاهش می‌دهند (مانند جاده‌ها و امثال

آن) تولید می‌شود (Stephen, 1999: 1-18). بررسی‌های به‌عمل آمده نشان داد که جنس تولید روان آب در شهر ماکو، هورتونی است. قسمت‌هایی از شهر که مابین کوه «قیه داغ» و رودخانه زنگمار و پایین‌تر از «قره کورپی» واقع شده است، به تناسب شرایط نفوذ، شیب توپوگرافیک و نیز وسعت حوضه بالادست، بیش از سایر قسمت‌ها در معرض سیل‌های مخرب قرار دارند. اما قسمت‌های دیگر شهر به دلیل ورود جریان‌ها به داخل شاخه‌های رودخانه زنگمار، چندان آسیب‌پذیر نیستند (شکل۸).

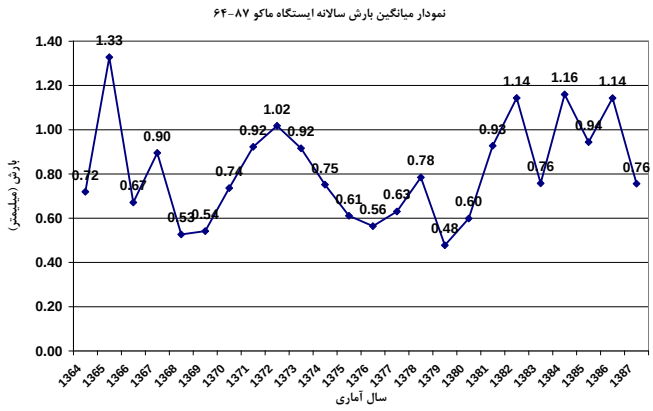


شکل (۸) تصاویر google earth از محدوده مورد مطالعه

نمودارهای میانگین بارش‌ها و میانگین حداکثرها، نشان می‌دهند که اولاً در چند سال اخیر نوسانات بارش سالانه غیر خطی است، ثانیاً بیشترین میزان بارش‌ها در بهار و حداقل آن در تابستان اتفاق می‌افتد و در این فصل پوشش گیاهی آسیب‌پذیر می‌شود و نقش حفاظتی خود را از دست می‌دهد. لذا وقوع یک بارش رگباری و مازاد بر ظرفیت نفوذ، شرایط وقوع سیلاب‌های مخرب را تسهیل می‌نماید (اشکال ۱۰-۹). حجم بارش و روان آب حاصل از این بارش رگباری در هر یک از واحدهای هیدرولوژی در جدول ۵ آمده است.



شکل (۹) نمودار میانگین بارش سالانه، ایستگاه ماکو۸۷-۶۴



شکل (۱۰) نمودار میانگین بارش‌های حداکثر ماهانه، ایستگاه ماکو۸۷-۶۴

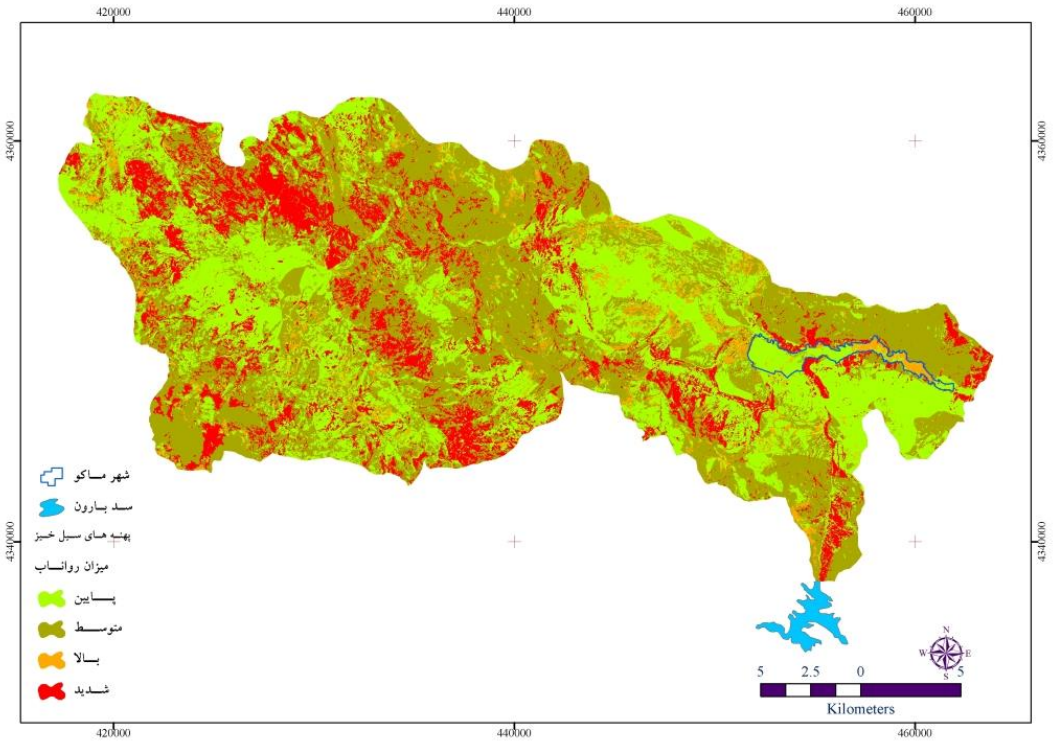
خصوصیات نفوذپذیری حوضه که با نام CN یا شماره منحنی معرفی می‌شوند (علیزاده، ۱۳۷۷: ۳۶۳)، ارتفاع روان آب و حجم روان‌آب در قسمت‌های مختلف حوضه، در جدول ۵ و ۶ آمده است. برآوردها، حجم روان آب حاصل از یک بارش رگباری ۲۰ میلی‌متری در ۱۰ دقیقه را، در حدود ۲/۵ میلیون مترمکعب نشان می‌دهد و از این میزان، ۳۳۸ هزار متر مکعب مستقیم وارد محدوده شهر ماکو می‌شود و آن را آسیب‌پذیر می‌سازد. نکته قابل توجه این‌که از حوضه بالادست صخره سنگی معروف شهر در دامنه «قیه داغی» که مساحتی در حدود ۲۰۰ هکتار دارد، ۲۸ هزار متر مکعب آب وارد شهر می‌شود (شکل ۱۲).

بررسی‌ها نشان دادند که درحوضه مورد مطالعه ۲۱/۵ درصد بارش‌ها تبدیل به روان‌آب می‌شود. شکل (۱۱) پهنه‌بندی مناطق تولید روان‌آب و در معرض سیل را نشان می‌دهد.

جدول (۵) خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی زیرحوضه‌های رود زنگمار در بالا دست ماکو

نام زیرحوضه مورد مطالعه	اختلاف ارتفاع (H) متر	طول آبراهه (L) کیلومتر	زمان تمرکز (Tc) ساعت	مساحت (هکتار)	حجم بارش (m3)	CN متوسط	ارتفاع بارندگی (Inch)	ارتفاع روان‌آب (mm)	حجم روان‌آب (m^3)
SB1	۱۰۲۰	۱۰	۰/۹۴	۲۵۲۷۰/۳	۵۰۵۴۰۶۰۰	۸۰	۰/۷۸	۳/۲	۸۰۸۶۵۰
SB2	۱۲۸۰	۹	۰/۷۶	۷۶۳۸	۱۵۲۷۶۰۰۰	۸۵	۰/۷۸	۳/۷	۳۶۳۰۰۰
SB3	۱۴۸۰	۸/۷	۰/۷	۵۷۱۶/۶	۱۱۴۳۳۲۰۰	۸۱	۰/۷۸	۳/۷	۲۱۱۵۱۴
SB4	۱۵۸۰	۹/۵	۰/۷۵	۴۴۷۴/۷	۸۹۴۹۴۰۰	۷۷	۰/۷۸	۳	۱۳۴۲۴۱
SB5	۱۷۰۰	۱۲	۰/۹۵	۹۶۷۷/۶	۱۹۳۵۵۲۰۰	۷۸	۰/۷۸	۳/۴	۳۲۹۰۳۸
SB6	۹۶۰	۵/۷	۰/۵	۵۰۶۷/۷	۱۰۱۳۵۴۰۰	۸۰	۰/۷۸	۳	۱۵۲۰۳۱
کل حوضه*	۱۷۸۰	۵۵	۵/۵	۵۷۸۴۵	۱۱۵۶۸۶۰۰	۸۰	۰/۷۸	۳/۳	۲۴۹۳۳۴۴

* محاسبات به صورت وزنی و توسط نرم افزار صورت گرفته است.



شکل (۱۱) نقشه پهنه‌های تولید روان‌آب در محدوده مورد مطالعه

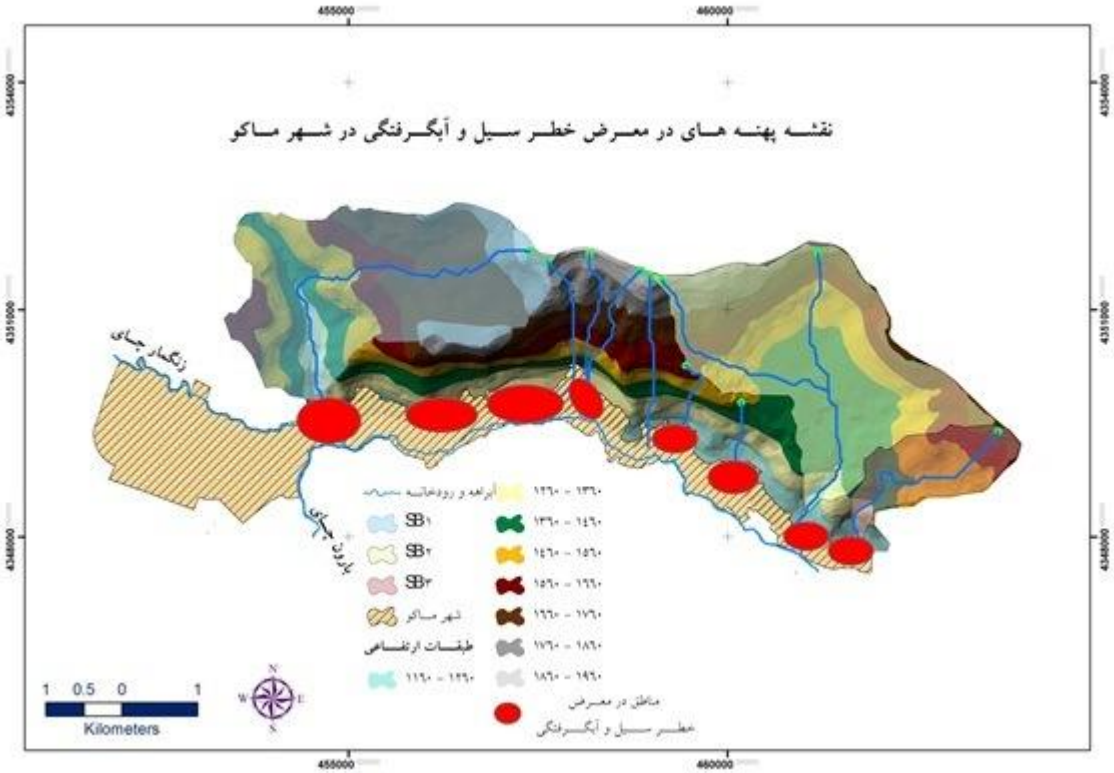
دامنه‌های جنوبی «قیه داغی» که با شیب بسیار تندی به ساختگاه شهر ماکو مشرف است، در مجموع ۲۸۱۶/۲ هکتار مساحت دارد. این بخش به چندین زیرحوضه کوچک تقسیم‌بندی شده است و مقدار CN آن، به‌علت پوشش سنگی و سنگلاخی بودن زمین در اکثر سطوح، رقم ۹۰ تعیین گردید. لذا بر اساس روابط فوق، پارامترهای مربوط محاسبه، و در جدول (۶) آورده شده است.

میزان تبدیل بارش به روان‌آب، برای زیرحوضه مشرف به شهر ۶۰ درصد برآورد شده است.

جدول (۶) خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی زیرحوضه‌های مشرف به شهر ماکو

زیر حوضه مورد مطالعه	اختلاف ارتفاع (H) متر	طول آبراهه (L)کیلومتر	زمان تمرکز (Tc) ساعت	مساحت (هکتار)	حجم بارش (m3)	ارتفاع بارندگی (Inch)	ارتفاع روان آب (mm)	حجم روان آب (m3)
SB1	۶۸۰	۵/۲	۰/۵	۹۸۷	۱۹۷۴۰۰	۰/۷۸	۱۲	۱۱۸۴۴۰
SB2	۷۴۰	۵/۰۵	۰/۴۸	۹۶۷/۳	۱۹۳۴۶۰	۰/۷۸	۱۲	۱۱۶۰۷۶
SB3	۵۸۰	۳/۲	۰/۳۱	۲۲۳	۴۴۶۰۰	۰/۷۸	۱۲	۲۶۷۶۰
بشگوز	۷۴۰	۱/۹۵	۰/۱۶	۲۰۵	۴۱۰۰۰	۰/۷۸	۱۲	۲۴۶۰۰
کوه قیه	۵۰۰	۱/۴۵	۰/۱۳	۲۳۳	۴۶۶۰۰	۰/۷۸	۱۲	۲۷۹۶۰
کل*	۸۰۰	۵/۲	۰/۴۸	۲۸۱۶/۲	۵۶۳۲۴۰	۰/۷۸	۱۲	۳۳۷۹۴۴

* محاسبات به صورت وزنی و توسط نرم‌افزار صورت گرفته است.



شکل (۱۲) نقشه پهنه‌های در معرض خطر سیل و آبگرفتگی در شهر ماکو

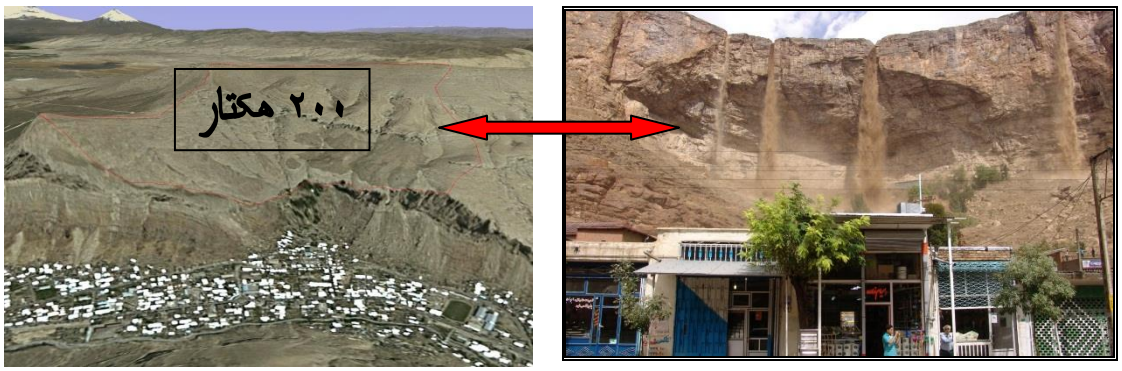
نواحی آسیب‌پذیر شهر ماکو در برابر سیل به‌شرح زیر مشخص شد و باید عملیات حفاظتی در محلات زیر صورت گیرد (شکل ۱۲):

قسمت مرکزی و بافت قدیمی (هسته اولیه) شهر، در دامنه‌های کوه «قیه‌داغ»، که جاری شدن سیل به صورت آبشار از بالای کوه به داخل شهر، بافت مسکونی و بافت تجاری اصلی شهر را تهدید می‌کند (شکل ۱۳).

بافت شهر در دامنه‌های شرقی کوه «قیه داغ» در محله «بشگوز» در روی مسیل‌های قدیمی و قسمت شمالی معبر اصلی شهر قرار گرفته‌اند. معابر ارتباطی این واحدها، همان مسیل‌های قدیمی است که بدون توجه به خطرات عبور سیل، مورد ساخت و ساز واقع شده و تبدیل به معبر گشته‌اند (شکل ۱۴).

قسمت قدیمی شهر در سمت غربی بافت اولیه شهر و مقابل ساختمان شهرداری ماکو موسوم به «محله» که در دل کوه واقع شده است (شکل ۱۵).

بافت تقریباً جدید شهر در سمت غربی کوه «قیه داغ» موسوم به «محله مسکن» که دقیقاً در مسیل کناری راه ارتباطی روستاهای سمت شمالی شهر (روستای دانالو) قرار دارد. این قسمت از بافت شهر در روی مسیل منتهی به رودخانه زنگمار قرار گرفته و آن را مسدود نموده است و تنها محل عبور برای سیلاب‌ها، معبر ارتباطی متصل به بلوار اصلی شهر است. سیل جاری شده با ورود به بلوار اصلی شهر به‌ویژه قسمت شمالی آن، در جهت شرق به طرف بخش مرکزی شهر جریان می‌یابد. در طول این معبر که تنها معبر اصلی و ارتباطی عمده شهر است، تمامی واحدها، به‌ویژه واحدهای سمت جنوبی (در جهت شیب منتهی به رودخانه زنگمار) در معرض سیل واقع می‌شوند.



شکل (۱۳) جاری شدن سیل از بالای کوه «قیه‌داغ» به داخل شهر (منبع: آرشیو)

شکل (۱۴) نفوذ سیل به داخل بخش مرکزی و تجاری(منبع: آرشیو)

شکل (۱۵) نفوذ سیل و تخریب پارک در محله «بشگوز» و «محله» (منبع: آرشیو)

نتیجه‌گیری

پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک، علاوه بر ایجاد سیلاب‌های مخرب، موجب هدر رفتن روان‌آب سطحی می‌شود. از این رو مهار روان‌آب سطحی و بهره‌برداری مناسب از آن می‌تواند راهکار مناسبی برای جلوگیری از هدر رفتن آب، و تبدیل تهدیدها به فرصت‌ها باشد. تعیین عرصه‌های مستعد تولید روان‌آب و سیل و مناطق در معرض آبگرفتگی یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده در موفقیت طرح‌های سیل‌خیزی است. از سوی دیگر، تعیین مکان‌های مناسب با استفاده از روش‌های سنتی و متداول بسیار دشوار بوده، اکثراً باعث بروز خطا می‌شود. سیستم اطلاعات جغرافیایی به همراه ابزارها و تکنیک‌های آن توانایی آن را دارد تا با تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی در قالب مدل‌های مختلف و در حداقل زمان ممکن در مکان‌یابی این عرصه‌ها، مورد استفاده قرار گیرد.

در این مطالعه، علاوه بر پهنه‌بندی مناطق سیل‌خیز حوضه، نقاط سیل گیر در داخل شهر ماکو نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص شد که در محدوده مورد مطالعه، بخش کوچکی از حوضه که در شمال شهر با شیب تند و دارای مواد منفصل ناچیز وجود دارد، بیشترین نقش را در تولید سیل‌های مخرب و تهدیدکننده شهر ماکو، ایفا می‌کند که می‌توان با احداث کانال‌های انحرافی، جریان آب را در فواصل مختلف در طول شهر، به رودخانه زنگمار هدایت و با یک سد مخزنی در پایین دست، جهت استفاده در مصارف کشاورزی ذخیره نمود. از طرف دیگر نبود زمین لازم برای گسترش شهر و مشکلات مربوط به توسعه فیزیکی آن سبب شده است که تـمامی عرصه‌های موجود به اشغال کاربـری‌های مختلف شهری درآید. وجود دامنه‌های تند و تیز، برون‌زدهای سنگی و زمین‌های فاقد پوشش سطحی، محدودیت فضا و بارش‌های تند رگباری در فصل خشک، بروز سیل‌های مخرب را در این ناحیه مساعدتر می‌سازد و عدم رعایت حریم‌ها و تجاوز به بستر مسیل‌ها و آب

گذرها، آن را شدت می‌بخشد و خسارت‌های زیادی را در محله‌های «بشگوز»، «محله»، «مسکن» و بخش قدیمی شهر (هسته اولیه) واقع در پایین دست کوه «قیه داغ» به بار می‌آورد.

از آنجا که نفوذپذیری از عوامل مؤثر در ایجاد روان آب و سیل است و نخستین اثر توسعه کالبد فیزیکی شهر، کاهش نفوذپذیری است؛ باید از هرگونه عملیات توسعه شهری و ساخت و سازها در حریم‌ها جلوگیری شود و با آزادسازی و تبدیل فضاهای اشغالی به فضاهای سبز و مهیا نمودن شرایط نفوذ، جریان روان آب و سیل‌های ویرانگر را کاهش داد. هم‌چنین می‌توان اندازه مسیر عبور آب‌های سطحی (کانال) را با وسعت حوضه بالادستی آن متناسب ساخت و با احداث کانال‌های انحرافی بزرگ‌تر، جریان سیل را به سمت مجاری اصلی هدایت نمود. لذا یکی از راهکارهای عملی کوتاه‌مدت، در جهت کاهش آثار زیانبار سیل در شهر آزادسازی حریم‌ها، و در دراز مدت، ایجاد شهرک‌های جدید و انتقال جمعیت، پیشنهاد می‌شود.

منابع

ـ احمدزاده، حسن (۱۳۹۱)، **پهنه‌بندی عرصه‌های پخش سیلاب در شهر ماکو با استفاده از سنجش از دور و GIS**، گزارش طرح تحقیقاتی، معاونت پژوهش و فنآوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.

ـ بومری، محمد؛ نهتانی‌فر، عبدالباسط؛ رادفر، شهباز و مهدوی، ابوالقاسم (۱۳۹۰)، **شناسایی پهنه‌های سیلابی و ویژگی‌های فیزیوگرافی و کمی حوضه آبریز دامن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور**، جغرافیا و توسعه، شماره ۹، صص ۱۴۶- ۱۲۹.

ـ تلوری، عبدالرسول (۱۳۷۶)، **مدیریت و مهار سیلاب**، کارگاه آموزشی و تخصصی مهار سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران.

ـ خسروشاهی، محمد و ثقفیان، بهرام (۱۳۸۲)، **بررسی نقش مشارکت زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوضه**، فصلنامه پژوهش وسازندگی، شماره ۵۹.

ـ صدقی، حسین (۱۳۶۳)، **اصول مهندسی هیدرولوژی**، جلد دوم (ترجمه)، انتشارات وزارت نیرو.

ـ طالب‌زاده، میرحیدر (۱۳۸۴)، **نقش شهرهای کوچک در توسعه فضایی استان آذربایجان غربی نمونه موردی شهر ماکو**، پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

ـ طیبی، فریال (۱۳۸۴)، **تحلیل توان سیل‌خیزی با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک با استفاده از GIS و مدل‌های مفهومی (مطالعه موردی حوضه آبخیز ششتمد)**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

ـ علوی پناه، سیدکاظم (۱۳۸۲)، **کاربرد سنجش از دور در علوم زمین**، انتشارات دانشگاه تهران.

ـ علیزاده، امین (۱۳۷۷)، **اصول هیدرولوژی کاربردی**، (چاپ دهم)، آستان قدس رضوی.

-قنواتی، عزت‌الله؛ امیرکرم و آقا علیجانی، مرضیه (۱۳۹۱)، **ارزیابی و پهنه‌بندی خطر رخداد سیل در حوضه فرحزاد (تهران) با استفاده از مدل فازی**، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۳، شماره ۴، صص ۱۳۸- ۱۲۱.

ـ قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۸)، **کاربرد مدل یکپارچه سیلاب شهری درکلان‌شهرها (مطالعه موردی: شمال شرق تهران)**، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، پیش شماره، صص ۱۶۷-۱۷۸.

ـ کردوانی، پرویز؛ قادری، حیدر و قادری، آرزو (۱۳۸۸)، **تحلیل منطقه‌ای سیلاب‌های لارستان**، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال دوم، شماره ۵، صص ۱۸-۱.

ـ معیری، مسعود و مژگان انتظاری (۱۳۸۷)، **سیلاب و مروری بر سیلاب‌های استان اصفهان**، مجله چشم‌انداز جغرافیایی، شماره ۳، صص ۱۰۹-۱۲۳.

ـ مهندسان مشاور شهر و بنیان (۱۳۸۳)، **طرح جامع توسعه وعمران (جامع) شهرماکو**، سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان غربی، مرحله اول.

ـ نصری، مسعود و عاطفه سبزی (۱۳۹۰)، **کاربرد مدل SWMM در براورد روان‌آب در حوضه شهری زواره**، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، سایت سیویلیکا.

ـ وهابی، جلیل (۱۳۷۶)، **پهنه‌بندی خطر سیلاب با به‌کارگیری تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در حوضه آبـخیز طالقان**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

- Ames, D.P. and Rafn, E.B., (2009), **Estimation of stream channel geometry in Idaho using GIS-derived watershed characteristics**. Environmental modeling and software, 24pp.

- Chow, Ven te., Maidment., D., Mays, L. (1988), **Applied Hydrology,** MC Graw-Hill, 532pp.

- Colditz, R. and Hodson , P.F, (2003), **Flood delineation in a large complex alluvial valley, Lower panuco basin**, Mexico. Journal of Hydrology ,280:229-236

- Francisco, N.C.,Maria, D.s., Fernando, N. Da Silva., Isabel, Ramos., (1999), **Floodplain Management in Urban Developing Areas. Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urban Growth Modeling**, Water Resources Management, Vol. 13, pp 23-37.

- Pilip G. Oguntundea, Jan Friesen A, Nick van de Giesen, Hubert .H.G. Savenije (2006), **Hydroclimatology of the Volta River Basin in WestAfrica: Trends and variability from 1901 to 2002**, Journal physics and chemistry of the Earth 31, p 1180-1188

- Singh, V.P., (1996), **Hydrology of disasters**, Water science and Technology library Vol. 24, Kluwer Academic Publishers.

- Stephan, R. (2002), **Hydrologic investigation by the U.S Geological survey following the 1996 and 1997 floods in the Upper Yellostone River**, Montana American Recourses Association. Annual Montana Section Meeting. Section one p1-18.

- Stephen, A.T., (1999), **Hydrology for water management, A.A. Balkema Rotterdame Brookfield**.

- Swanwerakamton, R. (1994), **GIS and hydrologic modeling for management of mail water sheds**. ITC Journal No. 4.P.343.

- www.sci.org.ir

- www.khosromk.blogfa.com