



پوشه‌ی سیل

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
مرکز منطقه‌ی جنوب کشور (شیراز)

گزارش مقدماتی سیلاب فروردین ۱۳۹۸ شیراز از دیدگاه زمین‌شناسی



محسن حسینی زاده
کارشناس زمین‌شناسی



اکبر محمدی
کارشناس ارشد رسوب‌شناسی



ابوالحسن احمدی
کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی



طهمورث یوسفی
دکترای تکتونیک



مقدمه

آبریز و نیز وجود ارتفاعات و کمی پوشش گیاهی در منطقه و نیز از بین رفتن مراتع در سال‌های نه چندان دور و ساخت‌وسازهای وسیع و گسترده بدون محاسبه‌ی دقیق دفع آب‌های سطحی و زهکش از جمله شهرهای سیل‌خیز استان و کشور است. گسترش بی‌رویه‌ی شهر به‌خصوص در محور شمال غرب و از بین رفتن پهنه‌های طبیعی جذب روان‌آب‌ها و بارش‌های جوی و کاهش پوشش گیاهی منطقه سبب شده است که در بارندگی‌های با میزان بالا (بیش‌تر از ۷۰ میلی‌متر در ۲۴ ساعت) و متناوب، آب نتواند در خاک نفوذ کند و در نهایت، به دلیل نبود زهکش و سیستم دفع مناسب در مسیر جاری شود. شهر شیراز در راستای عبور شاخه‌ی اصلی رودخانه‌ی خشک که از به‌هم پیوست نهر اعظم و رودخانه تنگ سرخ تشکیل شده و رودخانه‌ی چنار راهدار و هم‌چنین، مسیل‌های بزرگ سعدی و دروازه‌ی قرآن و نواحی پیرامونی آن‌ها، دارای پتانسیل پُر خطر رخداد سیلاب است و وجود دریاچه‌ی مهارلو در جنوب شرق شهر، محل جمع شدن آب‌های سطحی و سیلاب‌های این شهر است.

در پی رویداد جاری شدن سیلاب در حدود ساعت ۱۱ روز دوشنبه پنجم فروردین ماه ۱۳۹۸ در محل دروازه‌ی قرآن شیراز، تیمی متشکل از کارشناسان مرکز زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه‌ی جنوب (شیراز) برای بررسی وضعیت حوضه‌ی آبریز مسیل دروازه قرآن و بررسی آن از دیدگاه زمین‌شناسی تشکیل شد. در این رویداد متأسفانه ۲۲ نفر از هم‌وطنان جان باختند و بیش از ۱۰۰ نفر مجروح شده و خسارات مالی قابل ملاحظه‌ای در برداشت. هم‌چنین در ادامه، طی رخداد سیلاب روز ششم فروردین در بخش‌هایی از شهر شیراز به‌ویژه در محله‌ی سعدی، خسارت‌های بسیار گسترده‌ای در پی داشته و مشکلات فراوانی برای مردم این منطقه ایجاد کرد. اغلب سیلاب‌ها بلایی با منشأ طبیعی محسوب می‌شوند، ولی تغییراتی که انسان در کانال‌های رودخانه‌ها و شهرنشینی در کف دره‌ها ایجاد کرده، به نوسان، رفتار و شدت بسیاری از سیل‌ها افزوده است. دشت شیراز به دلیل تعدد رودخانه‌های فصلی و زیرحوضه‌های



شکل ۱: تصویری از سیلاب دروازه‌ی قرآن در ورودی شهر شیراز

تعریف سیلاب

سیل در حقیقت افزایش ارتفاع آب رودخانه و مسیل و بیرون زدن آب از آن، اشغال بخشی از دشتهای حاشیه‌ی رودخانه است که می‌تواند با غرقاب کردن منطقه باعث وارد آمدن خسارت بر ساختمان و تأسیسات عمومی شده و تلفات انسانی و دامی به همراه داشته باشد. در مواردی سیل می‌تواند ناشی از افزایش سطح آب دریاچه و یا دریا باشد که در این موارد، جریان بادهای شدید تأثیر زیادی خواهد داشت. در هنگام بارش باران و برف، مقداری از آب جذب خاک و گیاهان، درصدی تبخیر، و باقی‌مانده جاری می‌شود که به آن روان‌آب می‌گویند. سیلاب زمانی روی می‌دهد که خاک و گیاهان نتوانند بارش را جذب کرده و در نتیجه، کانال طبیعی رودخانه کشش گذردهی روان‌آب ایجاد شده را نداشته باشد. در کشور ما تقریباً ۳۸٪ بارش به روان‌آب تبدیل می‌شود که این میزان در مناطق کوهستانی با ذوب برف افزایش می‌یابد. سیلاب‌هایی که به صورت‌های متفاوت روی می‌دهند، منطقه‌ای به نام سیلاب دشت را در اطراف رودخانه به وجود می‌آورند.

عوامل پیدایش سیل

عوامل به وجود آورنده سیل را می‌توان به دو گروه عوامل طبیعی و عوامل انسانی تقسیم کرد.

۱- عوامل ناشی از شرایط طبیعی

۱-۱- عوامل اقلیمی

در بین عناصر اقلیمی باران، تگرگ، برف، دما، باد می‌تواند از عناصر و عوامل مؤثر در ظهور فرسایش آبی خاک باشند. مهم‌ترین ویژگی باران که در فرسایش خاک اهمیت دارد، عبارتست از مقدار باران، شدت بارندگی، اندازه‌ی قطرات باران، توزیع اندازه‌ی قطرات باران، سرعت نهایی باران و توزیع بارندگی و این در حالیست که بارندگی در ۵ فروردین ۱۳۹۸ شیراز در مدت یک ساعت به صورت ممتد و ۲۰ دقیقه از این زمان بارش همراه با تگرگ با شدت بسیار زیاد به میزان ۱۷ میلی‌متر در بخش جنوب شرقی شیراز (فرودگاه) و ۲۵ میلی‌متر در مرکز شهر (شرکت آب منطقه‌ای فارس) گزارش شده است و این نشان دهنده‌ی توزیع ناممگون بارندگی در بخش‌های مختلف شهر شیراز بوده است. در ادامه‌ی بارندگی به صورت غیر ممتد و متناوب در روز ۶ فروردین ادامه داشته است و میزان بارندگی در ۲۴ ساعت در منطقه‌ی شهرک گلستان بیش از ۱۵۰ و در جنوب شرق شهر نزدیک به ۷۵ میلی‌متر بوده است.

۱-۲- میزان و شدت بارندگی

میزان زیاد بارندگی به مفهوم رخداد سیل نیست، بلکه شدت بارندگی است که می‌تواند منجر به تولید سیلاب شود. تحقیقات نشان می‌دهد که باران‌های شدید و کوتاه مدت، به ویژه بارندگی‌های بیش از ۷۰ میلی‌متر در یک شبانه‌روز منجر به تولید سیلاب خواهد شد؛ چنان‌که در ۵ و ۶ فروردین ۹۸ در شیراز رخ داده است. همان‌طور که اشاره شد، در مدت ۲۴ ساعت در بخش شمال غربی شیراز بیش از ۱۵۰ میلی‌متر بارش و در جنوب شرق بیش از ۷۵ میلی‌متر باران باریده است و این در حالیست که در مدت ۲۰ دقیقه باران شدید، حدود ۲۵ میلی‌متر بارش سبب سیل دروازه‌ی قرآن در روز ۵ فروردین شده است.

۱-۳- شرایط اقلیم و ریخت‌شناسی شهر شیراز

شیب حوضه‌ی رودخانه از عوامل مهم در زمان تمرکز و افزایش سرعت جریان هستند. محدوده‌ی مورد مطالعه از نظر طبیعی و ریخت‌شناسی در دیدی کلان و کلی در محدوده‌ی ریختاری زاگرس قرار گرفته است که شامل کوهستان زاگرس چین خورده است و پستی و بلندی‌هایی با جهت شمال غربی - جنوب شرقی دارند. ارتفاع شیراز از سطح دریا ۱۵۴۰ متر است. دشت شیراز در میان حصار کوهستانی واقع شده است. ارتفاعات شمالی آن را رشته کوه بومو، کوه پشت مله و کفترک تشکیل می‌دهد که تنگ سعدی و دروازه‌ی قرآن در میان رشته کوه‌های پشت مله و کفترک قرار دارد. در شمال غرب کوه دراک و قلات و در جنوب کوه سبزپوشان واقع شده است. شیب ارتفاعات و ناهمواری‌های منطقه، تند و از محل دشت به سمت قله سریعاً به میزان شیب افزوده شده به طوری که در ارتفاعات به حدود ۵۰ درصد و بیش‌تر می‌رسد. دشت شیراز حد فاصل ارتفاعات منطقه است و زیر رسوبات آبرفتی آن، ناودیس‌ها و تاقدیس پنهان شیراز قرار دارد. دره‌ها نیز از دیگر عوارض منطقه هستند که حد فاصل ارتفاعات وجود دارند و معمولاً در خط القعر آن‌ها آب‌های دائمی و فصلی در جریان هستند. دره‌ی قلات، حسین آباد، دروازه‌ی قرآن، سعدی و ... از دره‌های منطقه هستند.

رشته کوه‌های گفته شده، نیمه‌ی غربی حوضه‌ی آبریز مهارلو را تشکیل می‌دهند. چنان‌که در محدوده‌ی شهری شیراز نهر اعظم، رودخانه‌ی تنگ سرخ، رودخانه‌ی خشک، رودخانه‌ی چنار راهدار و پیر بنو - بیدزرد وجود دارند که سیلاب‌های سرازیر شده‌ی کوه‌های شیراز را به سمت دریاچه‌ی مهارلو هدایت می‌کنند. هوای شیراز به طور کلی معتدل با زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم است. در شکل ۲ وضعیت و گسترش زیرحوضه‌های شیراز و مسیر رودخانه‌ها و مسیل‌های اصلی در آن مشخص شده است و هم‌چنین در جدول ۱، مساحت و شیب میانگین زیرحوضه‌ها نشان داده شده است.

۱-۵- عوامل زمین‌شناسی

واحدهای زمین‌شناسی رهنمون یافته در حوضه‌ی آبریز شیراز عمدتاً واحدهای کربناتی در ارتفاعات و واحدهای مارنی در دامنه‌ها هستند



وضعیت زیرحوضه های آبریز شهر شیراز				
نام زیرحوضه ای آبریز	مساحت زیرحوضه (کیلومتر مربع)	بیشترین ارتفاع (متر)	کمترین ارتفاع (متر)	درصد میانگین شیب حوضه
دروازه قرآن	۲۳	۲۴۰۰	۱۷۰۰	۳۰/۴۳
محله سعیدی	۵۶	۲۴۰۰	۱۶۰۰	۱۴/۲۸
رودخانه خشک	۹۰۴	۲۹۰۰	۱۷۰۰	۱/۳۲
رودخانه چناراهداد	۲۸۶	۲۷۰۰	۱۷۰۰	۳/۴۹
پیرینو - پینزرد	۴۳۷	۲۴۰۰	۱۵۰۰	۲/۰۵
شمال مهارلو	۶۸	۲۰۰۰	۱۵۰۰	۷/۳۵

جدول ۱: مشخصات زیرحوضه‌های آبریز غرب مهارلو و شهر شیراز



شکل ۲: نقشه‌ی ریخت‌شناختی زیرحوضه‌های آبریز شهر شیراز

سازند رازک و گچساران است، با گسترش زیاد بخش‌های ناودیدی و دامنه‌ای، منطقه‌ی شهری را تشکیل داده است. لایه‌های این واحد زمین‌شناسی نفوذناپذیر است. رسوبات آبرفتی نیز بخش بسیار وسیعی از گستره‌ی شهری را پوشش داده است و با توجه

و رسوبات آبرفتی درشت دانه تاریز دانه، دشت‌های حوضه را شامل می‌شود. واحدهای کربناتی دارای نفوذپذیری خوب بوده؛ ولی شیب زیاد ارتفاعات که به طور میانگین بیش از ۵۰ درصد است، امکان نفوذ آب را کاهش می‌دهد. واحدهای مارنی که عمدتاً لایه‌های



شکل ۳: نمایی از مسیل دروازه‌ی قرآن و خطوط آبی رنگ برای حرکت آب و پیکان سفید حوضچه‌ی آرامش محل خروج آب به‌وسیله‌ی لوله‌ی زیرزمینی است. گوشه‌ی پایین سمت راست تصویر محل تنگه‌ی دروازه‌ی قرآن است (دید به شمال).



شکل ۴: دره‌ی محل گذر مسیل دروازه‌ی قرآن (قدیم) (دید به جنوب غرب)



شکل ۵: دروازه‌ی قرآن (جدید) (دید به جنوب غرب)



شکل ۶: نمایی از حوضچه‌ی آرامش و محل خروج آب به صورت زیرزمینی (دید به جنوب)

به ناهمگن بودن آن در بخش‌های مختلف، نفوذپذیری متفاوتی دارند؛ چنان‌که دارای نفوذپذیری کم تا متوسط در بخش‌های مختلف حوضه هستند.

بنابراین، بخش بسیار زیادی از رسوبات پوششی حوضه‌های آبریز شهر شیراز در گروه رسوبات سست و ناپایدار بوده و با فرسایش‌پذیری زیاد در معرض روان‌آب است. در بارش‌های شدید، مقدار قابل ملاحظه‌ای از رسوبات فرسایش یافته حوضه‌ی آبریز از طریق روان‌آب و سیلاب حمل می‌شود، این مهم در سیل اخیر دروازه‌ی قرآن و محله‌ی سعدی بسیار چشم‌گیر بوده و میزان خسارت‌ها را افزایش داده است.

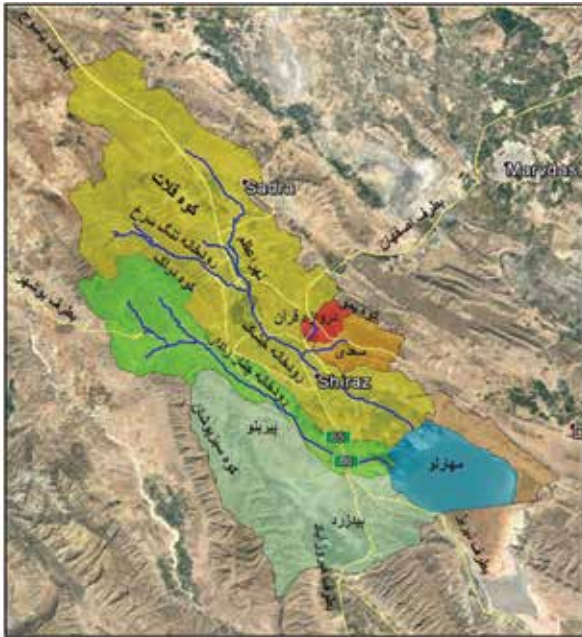
۲- عوامل انسانی

دخالتهای بی‌رویه‌ی انسان در محیط زیست در ظهور سیلاب‌ها نقش قابل ملاحظه‌ای دارد. روند روز افزون شهرنشینی و توسعه‌ی پوشش‌های غیر قابل نفوذ بر سطح زمین احتمال سیل‌خیزی در مناطق مسکونی را افزایش می‌دهد. با از بین رفتن روز افزون مراتع و جنگل‌ها، همه ساله افزایش جریان آب‌های سطحی را در مقیاس وسیع‌تری شاهدیم، چنان‌که در محدوده‌ی مسیل دروازه‌ی قرآن به دلیل ساخت‌وسازها و تجاوز به حریم رودخانه و هم‌چنین، دست‌کاری در آبراهه‌های حوضه‌ی آبریز این مسیل، احداث ساختمان‌ها و دیوارکشی‌ها و جاده‌سازی صورت گرفته است که یکی از عوامل تشدید رخداد سیل دروازه‌ی قرآن در ۵ فروردین، هجوم آب‌های سطحی در مسیرهایی غیر از مسیر آبراهه‌های حوضه‌ی آبریز در مناطق مسکونی، تجاری و تفریحی و اراضی که تغییر کاربری داده‌اند در نزدیکی دروازه‌ی قرآن است.

اگر تنگ کردن مسیل‌ها و یا پل‌سازی بر روی رودخانه‌ها با محاسبه‌ی دقیق علمی و با در نظر گرفتن حداکثر دبی محتمل انجام نشود، به سیلاب‌های بسیار خطرناکی منجر خواهد شد؛ زیرا با بسته شدن مسیر آب در زیر پل‌ها به وسیله‌ی زباله، شاخ و برگ، گل و لای و ... ، آب از بستر رودخانه سرریز شده و سیلاب به راه خواهد افتاد که چنین پدیده‌ای به وضوح در سیلاب اخیر شیراز به وفور دیده می‌شد.

شکل ۳، نمایی از مسیل دروازه‌ی قرآن و حوضه‌ی آبریز بالادست آن را نشان می‌دهد که در زمان جاری شدن سیلاب، آبراهه‌های مؤثر در تشدید سیلاب با خطوط آبی رنگ و هم‌چنین محل حوضچه‌ی آرامش این مسیل در محل خروج به‌وسیله‌ی لوله‌ی زیرزمینی نشان داده شده است. در این تصویر وضعیت تغییر کاربری‌های دامنه‌ی شرقی دروازه‌ی قرآن نمایش داده شده است. اشکال ۴ و ۵ نمایی از محل گذر سیلاب دروازه‌ی قرآن در گذشته و نمای فعلی دروازه‌ی قرآن را نشان می‌دهد. در شکل ۷، برای حل مشکلات ترافیکی ورودی شهر در محل دره، لوله‌ای به قطر یک متر قرار داده شده و شرایط فعلی را ایجاد کرده است.





شکل ۸: نمایی از محل گذر رودخانه‌ی اصلی و زیرحوضه‌های آبریز دشت شیراز بر روی تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث

سیستم دفع آب‌های سطحی شهر شیراز

شهر شیراز به علت نداشتن یک سیستم جامع جمع‌آوری و تخلیه‌ی آب‌های سطحی در مواقع بارندگی عموماً با مشکلاتی مواجه است. در مناطق جنوبی شهر که شیب زمین محدود و سطح آب زیر زمینی نیز بالاست، مشکلات به شکل حادثی خود را بروز می‌دهد. شبکه‌ی دفع آب‌های سطحی در شهر شیراز شامل مسیل‌های طبیعی، زه‌کشی زیرزمینی، کانال‌های سرپوشیده و جوی‌های سرریز در دو طرف خیابان‌های اصلی و جوی‌های فرعی و سطحی در معابر فرعی شهر است. رودخانه‌های خشک و چنار راهدار در شمال و جنوب شهر، مهم‌ترین مسیل‌های دفع آب‌های سطحی و سیلاب‌های ناشی از بارندگی در شهر شیراز است که نزدیک به ۷۷ درصد از این وظیفه، به‌وسیله‌ی رودخانه‌ی خشک به دریاچه‌ی مهارلو می‌ریزد.

بررسی وضعیت سیلاب پنجم و ششم فروردین ۱۳۹۸ شهر شیراز

بارش باران که از صبح روز دوشنبه ۵ فروردین ۹۸ به طور ملایم و غیر ممتد در شیراز آغاز شده بود. در حدود ساعت ۱۱ صبح بارش شدید باران همراه با تگرگ ریزدانه طی کمتر از یک ساعت سبب جاری شدن روان‌آب در سطح معابر شهر شد. در مدت نزدیک به ۲۰ دقیقه از این زمان، شدت بارش بسیار شدید بود، چنان‌که به طور نقطه‌ای، سیلاب جریان یافته قابل مشاهده بود، میزان بارندگی در این رویداد به‌وسیله‌ی ایستگاه فرودگاه نزدیک به ۱۷ و در محدوده‌ی سازمان آب ۲۵ میلی‌متر گزارش شده است. بیش‌ترین حجم روان‌آب در ورودی شیراز (دروازه‌ی قرآن) رخ داد که متأسفانه سبب تلفات جانی و مالی زیادی در این قسمت از شهر تا محله‌ی هفت تنان شد و به علت ازدحام عبور و مرور در این منطقه (معبور ورودی و



شکل ۷: نمایی از لوله‌ی سیمانی با قطر یک متر برای خروج سیلاب دروازه‌ی قرآن

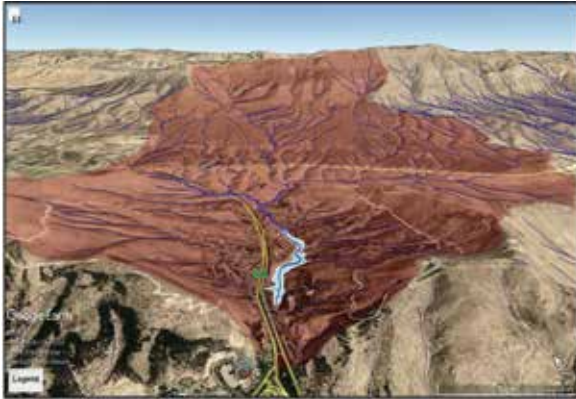
تاریخچه‌ی وقوع سیلاب در شیراز

از شمار سیلاب‌های مهم در شهر شیراز می‌توان به سیلاب زمستان ۱۰۵۷ شمسی شهر شیراز اشاره کرد. این سیلاب مخرب و سنگین، یک سوم شهر را فراگرفت، به علت تلفات سنگین، اپیدمی و بیماری‌های مرتبط با آن بر شهر حاکم شده و دامنه‌ی تلفات را گسترش می‌دهد. هم‌چنین، شیراز در یک سده‌ی گذشته ۵ بار شاهد باران‌های سنگین و سیلاب‌آسا بوده است. آخرین سیلاب‌ها در شیراز مربوط به سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۰ است که در دی ماه سال ۱۳۸۰ به دلیل بارندگی شدید، آب از مسیر رودخانه‌ی خشک که خود یک مسیل دفع سیلاب از بالادست شهر شیراز به طرف دریاچه‌ی مهارلو است، خارج شده و در معابر و خیابان‌ها جاری شد و به خانه‌ها و مکان‌های تجاری حواشی رودخانه خسارت‌های زیادی وارد کرد.

حوضه‌های آبریز دشت شیراز

حوضه‌ی آبریز دشت شیراز از جمله حوضه‌های میان‌کوهی در بین ارتفاعات زاگرس بوده که با شیب ملایم و جهت شمال غرب به جنوب شرق، به دریاچه‌ی مهارلو ختم می‌شود. عمده‌ترین جریان‌های سطحی در درون حوضه‌ی آبریز دشت شیراز، رودخانه‌ی خشک، چنار راهدار و پیربنو - بیدزرد است (شکل ۸). زیرحوضه‌های دروازه‌ی قرآن و سعدی در شمال و شمال شرق شهر شیراز از زیرحوضه‌های رودخانه‌ی خشک است. نهر اعظم از ارتفاعات قلات و رودخانه‌ی تنگ سرخ از ارتفاعات کوه دراک در شمال غرب شهر شیراز سرچشمه گرفته و در منطقه پل معالی‌آباد به هم پیوسته و رودخانه‌ی خشک را شکل می‌دهند و در ادامه، روان‌آب‌های سطحی زیرحوضه‌ی سعدی، دروازه‌ی قرآن و کفتک به آن پیوسته و به مهارلو می‌ریزد. رودخانه‌ی چنار راهدار در جنوب شهر شیراز از بخش‌های جنوبی کوه دراک و منطقه‌ی حسین آباد در جنوب غرب شیراز سرچشمه می‌گیرد این رودخانه در محل پل فسا با مسیل پیربنو - بید زرد یکی شده و به دریاچه‌ی مهارلو می‌ریزد.





خروجی شهر)، میزان تلفات جانی و خسارت‌های مالی چشم‌گیر بوده است. در ضمن، در محله‌ی سعدی، در حاشیه‌های رودخانه خشک، میدان کوزه‌گری، زیرگذرهای سطح شهر و دیگر معابر شهر از قبیل چهارراه پانزده خرداد (پارامونت)، بلوار امیرکبیر، بلوار زند، بازار و کیل، بلوار هفت‌تنان، پیرنیا و ... آب‌گرفتگی گسترده ایجاد شد. در ادامه‌ی بارش در روز ۶ فروردین در کمتر از ۲۴ ساعت بیش از ۱۵۰ میلی‌متر در منطقه‌ی شهرک گلستان (شمال غرب شهر شیراز) و بیش از ۷۴ میلی‌متر در بخش‌های شرقی شهر شیراز (فرودگاه)، سبب طغیان رودخانه‌ی خشک و مسیل سعدی شد و خسارت‌های بسیار زیادی را بر جای گذاشت.

شکل ۹: زیرحوضه‌ی آبریز دروازه قرآن به رنگ قرمز و خطوط آبی پر رنگ آبراهه‌های حوضه و رنگ آبی کم رنگ محل بالا آمدن آب و سرریز آن و رخداد سیل دروازه قرآن را نشان می‌دهد.

جدول ۲: میزان بارندگی به میلی‌متر در تاریخ ۵ و ۶ فروردین ۹۸ شهر شیراز (اداره‌ی کل هواشناسی شیراز)

ایستگاه سینوتیک	میزان بارندگی از ساعت ۸:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۱۲:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۱۶:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۱۹:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۲۲:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۴:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۶:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۹:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۱۲:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۱۵:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۱۸:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۲۱:۳۰ تا	میزان بارندگی از ساعت ۲۴:۳۰ تا	جمع
شیراز	۱۱:۳۰	۰	۱۶:۳۰	۱۹:۳۰	۲۲:۳۰	۰	۴:۳۰	۶:۳۰	۹:۳۰	۱۲:۳۰	۱۵:۳۰	۱۸:۳۰	۲۱:۳۰	۲۴:۳۰	۷۴/۹
گلستان	۴۲/۴	۰	۴/۹	۴/۹	۰	۴/۹	۰	۶/۷	۱۲/۷	۱۲/۷	۱۲/۷	۱۲/۷	۱۲/۷	۱۲/۷	۱۲/۷

بوده و سبب رخداد سیلاب شد (شکل ۹ محل تجمع روان‌آب را با رنگ آبی نشان داده که در زمان وقوع سیلاب این بخش به صورت سیلابی از مسیر ورودی شهر شیراز وارد بلوار هفت تنان شده است) (شکل ۱۰ نمایی از محل طغیان سیلاب از ورودی دروازه قرآن را نشان می‌دهد) که علاوه بر خسارت‌های مادی، صدمات جانی جبران‌ناپذیری را در مسیر دروازه قرآن به هفت تنان ایجاد کرد. از دیگر عوامل طغیانی شدن سیلاب در محل دروازه قرآن، هجوم سیلاب‌های بخش شرقی و غربی محل دروازه قرآن است که به علت ساخت سازه‌ها، محل آبراهه‌های طبیعی، مسدود و روان‌آب‌های تولید شده به صورت تجمیعی از کوچه‌های فرعی به کوچه‌های اصلی رسیده و با حجم زیادی از روان‌آب به صورت نقطه‌ای به محل حوضچه‌ی آرامش و محل خروج آب رسیده که امکان تخلیه‌ی این سیلاب به‌وسیله‌ی لوله‌ای با قطر یک متر امکان‌پذیر نبوده است.

بحث و بررسی سیلاب زیرحوضه‌ی دروازه قرآن

زیرحوضه‌ی دروازه قرآن به مساحت ۲۳ کیلومتر مربع و شیب حوضه نزدیک به ۳۰ درصد است که در روز ۵ فروردین در ساعت حدود ۱۱ صبح به میزان نزدیک به ۲۵ میلی‌متر در مدت کمتر از ۲۰ دقیقه بارش انجام شد. بنابراین، حجم روان‌آب تولید شده به تقریب ۱۴۳۷۵۰ متر مکعب در ۲۰ دقیقه است و رسیدن روان‌آب از دورترین نقطه‌ی حوضه به دروازه قرآن به تقریب ۳۰ دقیقه برآورد می‌شود و خروج آن به‌وسیله‌ی لوله‌ای با قطر یک متر امکان‌پذیر نیست (شکل ۳ تا ۷).

هم‌چنین، به علت وضعیت پوشش گیاهی کم در بالادست حوضه و نفوذناپذیری واحدهای زمین‌شناسی مارنی سازند رازک و نفوذپذیری بسیار کم رسوبات آبرفتی و سست بودن خاک به ویژه به علت تغییرات انسانی (به‌هم ریختگی این رسوبات در حاشیه‌ی ساخت و سازه‌های جاده‌ای و ساختمانی میزان فرسایش خاک و حمل آن‌ها به‌وسیله‌ی آب را بیش‌تر می‌کند) در این حوضه میزان رسوبات حمل شده از طریق روان‌آب بسیار زیاد است و در نهایت، شیب زیاد حوضه که نزدیک به ۳۰ درصد بوده، در تشدید سرعت سیلاب بسیار مؤثر است.

چنین شرایطی در روز ۵ فروردین در این منطقه ایجاد شد و سبب سرریز شدن حجم زیادی از روان‌آب، از محل حوضچه‌ی آرامش و بخش‌هایی از مسیر مسیل که ارتفاع سطح آب از سطح جاده بالاتر

هم‌چنین در قسمت‌های بالادست، در قسمت‌هایی که ساخت‌وساز شده به ویژه در مسیر جاده‌ی کمربندی در حال احداث شرقی (زیباشهر به طرف سعدی)، مسیرهای گذر آب دست‌کاری شده و این مهم در تشدید روان‌آب دروازه قرآن مؤثر بوده است. در روز ۶ فروردین با ادامه‌ی بارش‌های روز قبل به میزان ۷۵ میلی‌متر، با توجه به نظارت و اقدام‌های زیاد برای هدایت و خروج روان‌آب‌ها، در این حوضه مشکلی ایجاد نشد.



شکل ۱۳: نمایی از گذر آب در حاشیه‌ی جاده‌ی زیبا شهر به خرامه که گویای حرکت روان‌آب به ارتفاع بیش از یک متر است (دید به غرب).



شکل ۱۴: نمایی از آبراهه‌ها و بستر دستکاری شده و ایجاد مانداب محلی در شمال جاده و بالا بردن شدت فرسایش در رسوبات پوششی حوضه‌ی پایین دست کوه بمو (دید به شمال-شمال شرق).

بحث و بررسی سیلاب زیر حوضه‌ی سعدی

زیر حوضه‌ی سعدی (شکل ۱۵) به مساحت ۵۶ کیلومتر مربع و شیب میانگین حوضه نزدیک به ۱۴ درصد است. در روز ۵ فروردین طی بارش شدید ۲۵ میلی‌متری در محله‌ی سعدی، آب گرفتگی معابر صورت گرفت و در ادامه، طی روز ۶ فروردین در مجموع نزدیک به ۷۵ میلی‌متر باران بارید که در صبح این روز از حوالی ساعت ۷ تا ۱۲/۳۰ طی چند مرحله نزدیک به ۱۵ دقیقه، بارش بسیار شدید رخ داد که میزان بارش در صبح این روز حدود ۳۴ میلی‌متر بوده است. بنابراین، حجم روان‌آب تولید شده در حوضه‌ی آبریز سعدی به تقریب ۱۰۵۰۰۰۰ متر مکعب در طی دو روز بوده است که به تقریب ۴۷۶۰۰۰ متر مکعب آن طی ۵ ساعت در صبح روز ۶ فروردین و به ویژه در چند مرحله‌ی ۱۵ دقیقه‌ای اشاره شده است. بنابراین، حجم روان‌آب ایجاد شده بسیار قابل ملاحظه بوده و شرایط بحران را به وضوح نشان می‌دهد. رسیدن روان‌آب از دورترین نقطه‌ی حوضه به محله‌ی سعدی به تقریب ۳۰ تا ۴۵ دقیقه است که محور خروج آن از محله‌ی سعدی است. وظیفه خروج روان‌آب از راه کانال سیمانی زیرزمینی در محله‌ی سعدی است (در شکل ۲۰ محل گذر آبراهه‌ی اصلی در محله‌ی سعدی با خط آبی پر رنگ نشان داده شده است)؛ اما به دلیل حجم زیاد روان‌آب، پل‌ها و کانال‌های مربوط به آن، گنجایش عبور آن را نداشته و باعث بالا آمدن آب و سرازیر شدن روان‌آب به محله‌ی سعدی شده است. این رویداد در نزدیکی ساعت



شکل ۱۰: نمایی از سرریز آب از حوضه‌ی آرامش، محل خروج زیرزمینی در مسیر دروازه قرآن و جاری شدن سیلاب



شکل ۱۱: نمایی از محل گذر مسیر دروازه‌ی قرآن و تعرض به حریم این مسیر (دید به شمال شرق)



شکل ۱۲: نمایی از آبراهه‌ی اصلی در بالادست حوضه‌ی آبریز دروازه‌ی قرآن در نزدیکی کوه بمو در مسیر جاده‌ی جدید زیبا شهر به طرف سعدی، که نشان دهنده محل گذر حجم زیاد روان‌آب از این محل است (دید به شمال).





شکل ۱۷: نمونه‌ای از خسارت‌های ناشی از سیل سعدی



شکل ۱۸: انتهای مسیر گذر مسیل حوضه‌ی سعدی، در نزدیکی محله‌ی سعدی، سازه‌های احداث شده بر بستر مسیل



شکل ۱۹: نمایی از کانال زیرزمینی مسیل در محله‌ی سعدی، این کانال توان عبور سیلاب سعدی را نداشته و از این محل سیلاب سرریز و در بلوار شهید وفایی جاری و همچنین، محله‌ی سعدی را زیر آب برده است.



شکل ۲۰: نمایی از اولین پل مسیل سعدی که ورودی روان‌آب به محله‌ی سعدی است که به علت کوچک بودن ابعاد پل، سیلاب سرریز کرده و جاده‌ی ورودی شمالی سعدی را مسدود کرده است. (جهت جریان با پیکان نمایش داده شده است) (دید به جنوب غرب).

۱۰ تا ۱۱ صبح روز ۶ فروردین رخ داد و در محل ورود به محله‌ی سعدی پلی وجود دارد که در ابتدا در محل این پل روان‌آب طغیان کرده و سبب مسدودی مسیر جاده شده است (شکل ۲۰) و در ادامه‌ی مسیر ضمن سرریز روان‌آب، بخش‌هایی از محله‌ی سعدی را متأثر ساخته و در نهایت، در نزدیکی ابتدای بلوار شهید وفایی که به کانال زیرزمینی رسیده، به علت عدم توانایی انتقال سیلاب به‌وسیله‌ی این کانال، سیلاب بخش‌های وسیعی از محله‌ی سعدی را درنوردیده و بخش زیادی از این سیلاب با شتاب بالا در مسیر بلوار شهید وفایی به سمت تونل سعدی هدایت شده و از طریق این تونل، سیلاب وارد بلوار فضیلت شده و سپس بخشی از بلوار نصر و محله‌های پیرامون این دو بلوار را متأثر ساخته است (شکل ۱۵) با خطوط زرد محل گذر سیلاب جاری شده را نمایش می‌دهد).



شکل ۱۵: نمایی از زیرحوضه‌ی آبریز سعدی و شبکه‌ی آبراهه‌های حوضه، به رنگ آبی. خطوط زرد روند گسترش و جهت حرکت سیلاب ویران‌کننده‌ی ۶ فروردین ۹۸ در محله‌ی سعدی و بخش‌های پیرامونی آن را نشان می‌دهد (دید به شمال شرق).

در حوضه‌ی آبریز سعدی مانند حوضه‌ی دروازه‌ی قرآن وضعیت پوشش گیاهی، در بالا دست کم بوده و نفوذناپذیری واحدهای زمین‌شناسی ماری سازند رازک و نفوذپذیری بسیار کم رسوبات آبرفتی و بالا بودن فرسایش خاک وجود دارد و به همین دلیل، در این حوضه نیز، هم سرعت جریان روان‌آب و هم میزان رسوبات حمل شده به‌وسیله‌ی روان‌آب بسیار زیاد بوده است. سیلاب همراه با گل و لای در محله‌ی سعدی سبب آب‌گرفتگی شدید معابر و خانه‌ها شده است و خسارت زیادی را در این محله ایجاد کرده است.



شکل ۱۶: نمونه‌ای از خسارت‌های ناشی از سیل سعدی



بحث و بررسی سیلاب زیرحوضه‌ی رودخانه‌ی خشک

زیرحوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی خشک از شمال غرب شهر شیراز در محدوده‌ی قلات و شهرک گلستان شروع و به دریاچه‌ی مهارلو در جنوب شرق شهر شیراز ختم می‌شود که این فاصله بیش از ۶۰ کیلومتر است و مساحت این زیرحوضه نزدیک به ۹۰۴ کیلومتر مربع و شیب میانگین آن ۱/۳۲ درصد است. محور اصلی این حوضه را رودخانه‌ی خشک تشکیل می‌دهد. رودخانه‌ی خشک یکی از مهم‌ترین مسیل‌های شهر شیراز است و وظیفه‌ی هدایت و دفع آب‌های سطحی در شهر و همچنین، آب‌هایی که از طریق کانال‌های سرپوشیده به این مسیل هدایت می‌شود را داشته و به دریاچه‌ی مهارلو می‌ریزد. واحدهای زمین‌شناسی کربناتی و کنگلومرایی در ارتفاعات و لایه‌های مارنی - گچی سازندهای رازک و گچساران و آبرفت‌های دامنه‌ای و دشت را پوشش می‌دهند که این واحدها در گروه خاک‌های نفوذپذیر تا نفوذناپذیر متغیرند. بنابراین، میزان خاک‌های سست و حساس در این زیرحوضه مانند دیگر زیرحوضه‌های معرفی شده‌ی شیراز زیاد است و با توجه به سست بودن و دست‌کاری‌های انسانی، میزان فرسایش نیز بالا است. در سیلاب‌های این منطقه نیز حجم گل و لای زیاد است.

در بارندگی ۵ فروردین و تداوم آن در ششم فروردین ۱۳۹۸ در شمال غرب این حوضه در شهرک گلستان ۱۵۰ میلی‌متر و در بخش‌های جنوب شرقی حوضه نزدیک به ۷۵ میلی‌متر بارش ثبت شده است. این بارش‌ها در ساعت حدود ۸ تا ۱۱ صبح روز ۵ فروردین شدت گرفته و در شمال غرب حوضه نزدیک به ۴۳ و جنوب شرقی حوضه نزدیک به ۱۷ میلی‌متر بارندگی گزارش شده و در ادامه نیز، در روز ۶ فروردین در ساعت ۵ تا ۷ صبح نزدیک به ۴۷ میلی‌متر در شمال غرب و ۱۴ میلی‌متر در جنوب شرق حوضه گزارش شد که گویای ایجاد حجم بسیار زیاد روان‌آب در این حوضه بوده و طغیان کردن رودخانه‌ی خشک را سبب شد. همچنین، با بالا آمدن سطح آب رودخانه و پس از پیوستن آب زیرحوضه‌های دروازه‌ی قرآن و شهرک سعدی باعث آب‌گرفتگی زیادی در حاشیه‌ی ساحلی رودخانه و بخش‌های جنوبی شرقی آن شد. پل‌های ایجاد شده بر روی رودخانه و ساخت‌وساز انجام شده در حریم آن، از جمله نقاط

بحران‌زا و سرریز آب رودخانه در کنارگذرها و معابر پیرامون آن است. بیش‌ترین تأثیر و خسارت‌های ناشی از سیلاب رودخانه‌ی خشک در بخش‌های جنوب شرقی آن، در محلی که شیب حوضه به حداقل رسیده و در دشت پایین دست به گونه‌ای گسترده و عریض جریان یافته و سبب آب‌گرفتنی روستاهای پیرامون شده است.



شکل ۲۲: نمایی از سیلابی شدن رودخانه‌ی خشک در ۶ فروردین

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان می‌دهد که عوامل مختلفی در سیلاب‌های روز ۵ فروردین دروازه‌ی قرآن و روز ۶ فروردین ۱۳۹۸ محله‌ی سعدی و رودخانه‌ی خشک نقش داشته‌اند:

۱- عوامل طبیعی

- شدت بارش و حجم روان‌آب ایجاد شده در حوضه‌های یاد شده بسیار زیاد و زمان تمرکز کم بوده است و سیلاب‌های ایجاد شده از شمار سیلاب‌های ناگهانی است؛

- پوشش گیاهی کم از دیگر عوامل طبیعی در این منطقه است که سبب تشدید روان‌آب سطحی می‌شود؛

- از لحاظ زمین‌شناسی، رهنمون‌های کربناتی ارتفاعات حوضه‌های آبریز را با شیب نزدیک به ۵۰ درصد پوشش می‌دهند که از شمار واحدهای نفوذپذیر هستند و بخش بسیار کمی از مساحت حوضه‌ها را تشکیل می‌دهند. پوشش دامنه‌ها را لایه‌های مارنی واحد زمین‌شناسی رازک و گچساران تشکیل می‌دهد. لایه‌های مارنی، نفوذناپذیر هستند، پوشش دشت‌های

منطقه رسوبات آبرفتی ریز دانه تا درشت دانه بوده که نفوذپذیری کم تا متوسط را دارند، بنابراین وسعت زیادی از بستر حوضه‌ی آبریز را رسوبات سست و حساس تشکیل می‌دهد و در نتیجه شرایط مناسبی برای وقوع سیلاب ایجاد می‌کنند و به دلیل سست بودن، حمل آن به‌وسیله‌ی روان‌آب‌ها زیاد خواهد بود و وجود گل و لای بسیار زیاد همراه با سیلاب اخیر شیراز، گویای این مهم است؛



شکل ۲۱: نمایی از سرریز رودخانه در کنارگذر، در محل پل باغ صفا



- شیب زیاد زیر حوضه‌ی دروازه‌ی قرآن و سعدی که به ترتیب نزدیک به ۳۰ و ۱۴ درصد بوده، سبب سرعت بخشیدن جریان روان‌آب‌ها در این زیرحوضه‌ها است. زیرحوضه‌ی رودخانه‌ی خشک، وسعت بسیار زیادی (۹۰۴ کیلومتر مربع) دارد و گفتنی است که زیرحوضه‌های دروازه‌ی قرآن و سعدی جزئی از این زیرحوضه است، اگر زیرحوضه‌ی پیرنو - بیدزرد را که جزو زیرحوضه‌های دشت شیراز است، از زیرحوضه‌های شهر شیراز کم کنیم، می‌توان گفت نزدیک به ۷۷ درصد روان‌آب‌های سطحی و زیر سطحی هدایت شده به‌وسیله‌ی لوله‌های زیر زمینی در شهر شیراز، به‌وسیله‌ی رودخانه‌ی خشک از شهر خارج می‌شود که یکی از عوامل طغیانی شدن این رودخانه در بارندگی‌های شدید است.

۲- عوامل مؤثر ناشی از دخالت بی‌رویه‌ی انسان

- تغییر کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد تشدید روان‌آب است. به‌طور مثال در دامنه‌های شرقی و غربی پیرامون مسیل دروازه‌ی قرآن، ساخت‌وسازهای تجاری، تفریحی و مسکونی انجام شده است و روان‌آب‌های بالادست این مناطق همراه با روان‌آب‌های حاصل از پوشش‌های نفوذناپذیر در مناطق ساخت‌وساز شده در مسیرهای جدید و یکپارچه شده به دهانه‌ی خروجی دروازه‌ی قرآن هجوم آورده و سبب افزایش حجم سیلاب سرریز شده در دروازه‌ی قرآن شده است؛

- دست‌کاری در مسیر آبراهه‌ها و یا مسدود کردن کامل این آب‌گذرها که در زیرحوضه‌ی دروازه‌ی قرآن، (به‌طور مثال در جاده‌ی احداث شده از زیبا شهر به طرف سعدی)، در ساخت سازه‌های پیرامون مسیل دروازه‌ی قرآن، به وفور قابل رویت است. این مورد از شمار عوامل مهم در هجوم سیلاب دروازه‌ی قرآن بوده است و از همه مهم‌تر، مسدود کردن مسیل در تنگه‌ی دروازه‌ی قرآن که وظیفه‌ی خروج روان‌آب‌های این مسیل را به عهده‌ی لوله‌ای با قطر یک متر گذاشته‌اند که در سیلاب مرگ‌بار دروازه‌ی قرآن یکی از دلایل مهم عدم توانایی انتقال و خروج به موقع روان‌آب‌ها به‌وسیله‌ی این لوله بوده است. البته هجوم روان‌آب‌های مسیرهای دست‌کاری شده در بالا دست و روان‌آب‌هایی که خارج از مسیر مسیل و از منطقه‌های حاشیه‌ای و دامنه‌ای پیرامون و نزدیک به خروجی دروازه‌ی قرآن از طریق کوچه‌های آسفالت‌ه‌هدایت شده، نیز به روان‌آب‌های سرریز شده در دروازه‌ی قرآن پیوسته و سبب افزایش حجم روان‌آب شده است؛

- ساخت‌وساز در حریم مسیل‌ها، که در تمامی حوضه‌های آبریز اشاره شده، به وفور دیده می‌شود؛

- احداث پل‌های ارتباطی بر روی مسیل‌ها و تنگ کردن مسیر گذر آب بدون در نظر گرفتن حداکثر دبی محتمل. این مورد از عوامل بسیار مهم در سرریز روان‌آب‌ها و ایجاد خسارت در تمامی زیرحوضه‌های یاد شده است. به‌طور مثال، پل‌های ورودی مسیل سعدی و غالب پل‌های ارتباطی رودخانه‌ی خشک؛

- چنان‌که در عوامل طبیعی ایجاد روان‌آب تشریح شده، با توجه به

سنگ‌شناسی واحدهای زمین‌شناسی رهنمون یافته، به دلیل وجود رسوبات سست، میزان حمل رسوبات از طریق روان‌آب‌ها زیاد خواهد بود و این رسوبات در مناطقی که در مسیر مسیل‌ها تغییری و یا مانعی ایجاد شده و یا در بخش‌هایی از مسیر گذر که روان‌آب قدرت حمل رسوبات را ندارد، در بستر گذر آب تجمع می‌کند و سبب مسدود شدن مسیر و یا تنگ کردن مسیر گذر می‌شود. بنابراین، می‌بایست این مسیرها به‌طور منظم لایروبی شوند. این مورد یکی دیگر از عوامل سرریز روان‌آب‌ها از مسیر گذر آب در سیلاب اخیر محله‌ی سعدی و دروازه‌ی قرآن بوده است.

پیشنهادات

- تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر سیل در شهر شیراز و شناسایی نقاط پر خطر و حادثه‌خیز در سطح شهر؛

- تحت نظر گرفتن یا مانیتورینگ نقاط پر خطر و حادثه‌خیز در سطح شهر در مواقع بارندگی شدید، به‌طور مثال، در محل ورودی سیلاب به دروازه‌ی قرآن، ورودی مسیل به محله‌ی سعدی، در محل پل‌های ارتباطی بر روی رودخانه‌ی خشک؛

- لایروبی منظم در مسیر گذر مسیل‌ها به ویژه در محدوده‌ی پل‌ها و مسیرهای سرپوشیده و زیرزمینی؛

- ایجاد سازه‌های تأخیری سیل در سرشاخه‌ها؛

- تقویت پوشش گیاهی و حفاظت خاک در بالادست حوضه‌های آبریز؛

- جلوگیری از ایجاد موانع در حریم مسیل‌ها و آزادسازی و برداشتن موانع در حریم‌ها و به ویژه مسیر گذر مسیل‌ها؛

- عدم تغییر کاربری‌های جدید اراضی؛

- ایجاد مسیرهای کمکی جهت زهکش مسیل دروازه‌ی قرآن و سعدی؛

- هدایت سیلاب‌ها به مناطق کمتر آسیب‌پذیر، به ویژه در بخش‌هایی که ساخت‌وسازها در مناطق مرتفع است؛

- اجرا و تکمیل سیستم جمع‌آوری فاضلاب، کمک به سیستم دفع آب‌های سطحی می‌کند؛

- پیش‌بینی و هشدار نیز بسیار مهم است.

منابع

- زراعت‌کار و همکاران، ۱۳۹۳. ارزیابی روش‌های برآورد دبی پیک سیلاب در حوضه‌ی آبخیز شهری جهت کنترل سیلاب..

- غیور، حسنعلی، ۱۳۷۵. سیل و مناطق سیل‌خیز ایران، تحقیقات جغرافیایی شماره ۴۰.

- معیری، انتظار، ۱۳۸۷. سیلاب و مروری بر سیلاب‌های استان اصفهان، فصل‌نامه‌ی چشم‌انداز جغرافیایی.

- طرح جامع شهر شیراز، راه و شهرسازی

- تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث

- نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، سازمان نقشه‌برداری کشور ■

