

# بررسی و مدیریت ریسک سیلاب در منطقه کاشان

## با استفاده از تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

دکتر حسنعلی فرجی سبکبار

استاد یار دانشکده جغرافیا-دانشگاه تهران

مرتضی زراعتی

دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه تهران

### چکیده

بدون شک سیلاب بعنوان یک بلای طبیعی شناخته شده است ولی در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی یکی از مهیب ترین بلایای طبیعی در جهان محسوب می شود. از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ حدود ۳۹۰۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان کشته شدند که ۵۸ درصد مربوط به سیلاب، ۲۶ درصد در اثر زلزله، ۱۶ درصد در اثر طوفان و بلایای دیگر بوده است. خسارات کل در این ۱۰ سال حدود ۷۰۰ میلیارد دلار بوده است که به ترتیب ۲۹، ۲۸، ۲۶ درصد مربوط به سیلاب، طوفان و زلزله بوده است. در این رابطه نکته نگر آنکنده، روند افزایشی تلفات و خسارات سیلاب در جهان در دهه های اخیر بوده است. پدیده سیلاب در ایران به عنوان زیان بارترین بلایای طبیعی بوده و خسارات ناشی از آن بالغ بر ۷۰٪ کل خسارات بلایای طبیعی می گردد. افزایش جمعیت و دارایی هادر سیلابدشتهای تغییرات هیدروسستمها و اثرات مخرب فعالیتهای انسانی از دلایل عمده این روند افزایشی بوده است. امروزه با گسترش فناوری اطلاعات تأکید زیادی بر استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در جهت مدل سازی و برآورد خسارات و ناشی از سیل گردیده است. سرعت و دقت زیاد، فرآگیری و چندوجهی بودن این سیستمها، سهولت اعمال تغییرات و هزینه کم این سامانه باعث استفاده بیش از پیش آن در مدیریت بحران سیل گردیده است. در این مقاله سعی شده است که از تکنیک GIS در مدیریت بحران ریسک سیلاب منطقه کاشان استفاده شود.

### واژه های کلیدی

مدیریت بحران، ریسک سیلاب، سیستم اطلاعات جغرافیایی

### مقدمه

اغلب سیل ها در اثر بارندگی شدید، آب شدن برفها و تکه یخ های بزرگ و یا طغیان رودخانه ها جاری می شوند. بعضی از رودخانه ها هر ساله به طور منظم طغیان می کنند که از گزارش سالهای گذشته می توان زمان وقوع و ارتفاع بالا آمدن آب را پیش بینی کرد. سیل های غیر قابل پیش بینی در اثر باران های سیل آسای غیر طبیعی روی زمین لخت، خیس و یا یخ زده جاری می شوند که صرف نظر از عامل ایجاد کننده سیل هرگاه جریان آب سطحی از ظرفیت رودخانه تجاوز کرده و اراضی پائین دست و حاشیه رودخانه را فرا گیرد و تداوم زمانی محدود داشته و با خسارت های مالی و جانی همراه باشد، می توان به آن سیل اتلاق نمود. پس سیل حرکت آب است به صورتی که هرچه در مسیر خود دارد را به همراه ببرد و طغیان به سکون این آبها و پیوستن آن به آب رودخانه ها، دریاچه ها و در نتیجه بالا آمدن سطح آبهای

جاری و زیر آب رفتن مناطق مسکونی و کشاورزی گفته می شود. معمولاً طغیان در پی سیل بوده و به همین علت هر دو را به یک معنی به کار می گیرند. اصولاً بزرگی سیلها و تکرار آنها در طول زمان تابع شدت بارندگی، نفوذ پذیری زمین و وضع توپوگرافی منطقه است. شهرسازیهها و حذف گیاهان باعث کاهش مقدار آب نفوذی و افزایش آب سطحی می شود. حجم زیاد آب از یک طرف بر بزرگی طغیان می افزاید و از طرفی با افزایش فرسایش، رسوباتی به وجود می آورد که بابر جای گذاشتن آنها ظرفیت بستر اصلی رود کاهش می یابد. موارد پیش معمولاً تأثیر تدریجی دارند، ولی سیل های ناگهانی و فاجعه آمیز اغلب بر اثر تخریب سدها و بندها، ایجاد می شوند. بر این اساس سیلاب ها بر دو گونه اند: ۱. سیلاب های آرام: که در اثر افزایش حجم ناگهانی آب رودخانه ها و دریاچه ها در اثر بارندگی در طی روزها و هفته ها ایجاد می شود. ۲. سیلاب های ناگهانی: که در اثر افزایش حجم آب رودخانه ها و دریاچه ها ایجاد شده و با خود مرگ و مصدومیت افراد و تخریب منازل را به همراه دارد. این سیلاب ها ممکن است بر اثر باران های سیل آسا، گردباد، تخریب دیوارهای سد و ذوب شدن سریع یخ به وجود آید. بر اساس اطلاعات موجود طی سال های ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۰ نزدیک به ۱۲۴ میلیارد تومان خسارت سیل های مهم کشور بوده است که ۵۵ درصد آن مربوط به سال های ۱۳۶۰ تا ۱۳۷۰ می باشد. بررسی های انجام شده نشان می دهد که خسارت وارده به بخش کشاورزی یکی از مهمترین ارقام خسارت سیل است (مهدوی ۱۳۷۶). افزایش وقوع سیل در دهه ۱۳۷۰ نسبت به دهه ۱۳۴۰ حدود ده برابر می باشد که خسارت ناشی از آن خارج از حد تصور است (انجمن هیدرولیک ایران، ۱۳۸۰). همچنین، بین سال های ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ بیش از ۲/۵ میلیارد انسان تحت تأثیر سیلابها، زلزله ها، تندبادها و دیگر حوادث طبیعی جهان بوده اند که نسبت به دو دهه پیش، افزایش شصت درصدی داشته است. محاسبه میلیون ها نفری که با سونامی دسامبر گذشته، روبه رو شده بودند در نظر گرفته نشده است (سایت بازتاب، ۱۳۸۴، کد ۸۳۲). بطور کلی می توان چنین استنباط کرد که سیل به جریانی گفته می شود که ۱- جریان آب برای مقطع خاصی از رودخانه بیش از جریان عادی باشد. ۲- تداوم زمانی محدودی داشته باشد. ۳- جریان آب از بستر طبیعی خود خارج و اراضی پست حاشیه رودخانه را فرا گیرد. ۴- خسارت مالی و جانی داشته باشد (مهدوی ۱۳۷۶). تغییر کاربری اراضی روی هیدرولوژی حوضه آبخیز دارای ۴ اثر مهم است که عبارتند از: تغییر در خصوصیات دبی پیک، تغییر در حجم کل رواناب، تغییر در کیفیت آب و

تغییر در تعادل هیدرولوژیک (انویولد ۱۹۶۸). معمولاً سیلها در اثر عوامل زیر ایجاد می‌شود: ۱. ریزش سریع نزولات آسمانی و عدم گنجایش محل نزول ۲. عدم نفوذپذیری زمین محل و ذوب سریع برفها ۳. عدم گنجایش و عدم طراحی صحیح مسیر رودخانه و سیلها ۴. عدم استفاده از سیل‌بند و دیوارهای محافظ در مناطق سیل‌خیز ۵. عدم گنجایش صخره‌ها و جوی‌ها جهت عبور آب در مناطق شهری و مسدود شدن رودخانه به علت ریزش کوه ۶. عدم لایروبی رودخانه و تجمع رسوبات سنگین و غیرطبیعی پشت سدها ۷. خرابی سیل‌بندها، سدها و مخازن آب. در جهت کاهش خسارت‌های احتمالی ناشی از سیل انجام اقداماتی ضروری است. اولین گام در طرح‌های مدیریتی سیلاب و دشت سیلابی داشتن نقشه پهنه‌بندی سیل می‌باشد. از موارد کاربرد این نقشه‌ها می‌توان به تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، پیش‌بینی و هشدار سیل، عملیات امداد و نجات و بیمه اشاره کرد (برخوردار و جاوشیان ۱۳۷۹). یکی از جدیدترین روشها استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تلفیق آن با مدل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی است. استفاده از این روش قابلیت بسیار بالایی در بررسی هیدرولیکی سازه‌های کنترل سیل در طول رودخانه دارد. به عبارت دیگر در این روش بر خلاف سایر روشهای معمول گذشته مدل هیدرولیکی براساس داده‌های واقعی حاصل از نقشه‌برداری، زمین اجرایشده و فقط پردازش خروجی مدل هیدرولیکی به منظور ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت می‌گیرد.

### ضرورت بیان مسئله

بطورکلی رواناب حاصل از بارشهای شدید، در مسیر خود ضمن جریان‌یافتن در سطح زمین و عبور از آبراهه‌های کوچک و بزرگ، به هم پیوسته و حجم عظیمی از آب را متناسب با سطح و شرایط هیدرولوژیکی منطقه، توسط آبراهه‌های اصلی به سمت خروجی حوضه هدایت می‌کنند. در مواقع بحرانی سیلابها از مقطع رودخانه سرریز نموده و تأسیسات شهری و صنعتی را که داخل حوزه و یا در پایین این‌گونه مناطق بر روی مخروطافکنه‌ها ایجاد شده‌اند، در معرض سیل قرار می‌دهند. روند روبه‌رشد سیل در سالهای اخیر حکایت از آن دارد که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های مخرب قرار داشته و ابعاد خسارت جانی و مالی سیل افزایش یافته است. در ایران گرچه در بسیاری از نقاط بارندگی کم است اما در بیشتر مناطق ممکن است ۶۰ درصد بارندگی سالیانه در یک شبانه‌روز رخ دهد. همین عامل به همراه شیب‌های تند کوهستانی البرز و زاگرس، که شهرهای ما را در دامنه خود جای داده‌اند، باعث شده است که بروز سیل یکی از نگرانی‌های عمده - تقریباً در تمام فصول سال - باشد. سیل در ایران به دلیل ویژگی‌های زمین‌شناسی و تخریب‌های زیست‌محیطی بسیار آلوده بوده و گل‌ولای زیادی به همراه دارد. به همین دلیل نیز اغلب سیلاب‌ها در ایران، خسارات زیادی وارد می‌کنند. طبق یکی از گزارش‌های طرح ملی آمادگی و کنترل سوانح طبیعی کشور ایران در ۲۵ سال گذشته با ۹۶۷ سیل روبرو بوده که از این میان ۱۱۷ سیل بسیار مهم و با خسارات و تلفات فراوان

همراه بوده است. طی این سالها به طور متوسط با ۳۹ سیل در سال، ۹۱۶ میلیارد و ۲۰۰ میلیون تومان به کشور خسارت وارد شده است که متوسط خسارت سالانه ۳۶ میلیارد و ۶۰۰ میلیون تومان بوده است. طی ۲۵ سال گذشته (از ۱۳۵۱ تا ۱۳۷۵) ۴۲/۵ میلیون نفر از جمعیت کشور تحت تأثیر سیل بوده‌اند. طی این مدت دو میلیون و ۸۹۲ هزار و ۴۰۰ نفر بی‌خانمان شده و سالانه به طور متوسط ۵۰۰ واحد مسکونی ویران و یا آسیب دیده است. در گزارش دیگری از ستاد حوادث غیرمترقبه کشور آمده است که فقط در سال ۱۳۷۰ در کشور ۶۱ سیل و ۲۷ زلزله رخ داده است. نمونه موردی این مسئله را می‌توان جاری شدن سیل (مورخ ۸۶/۴/۶) در حوزه کاشان (شهرهای قمصر و برزک و آران و بیدگل و جوشقان و کامو) نام برد که بیش از ۷۰ درصد یعنی ۸۰ رشته قنات ۱۰۰ درصد تخریب و بطورکلی آب کشاورزی این روستاها قطع شده و مابقی آنها بین ۶۵ تا ۸۰ درصد خسارت دیده است. میزان خسارت وارده به قناتهای شهرستان کاشان بیش از ۲۰ میلیارد ریال تخمین زده شده است. وقوع سیل در برخی از مناطق شهرستانهای کاشان و آران و بیدگل بالغ بر ۳۳/۶۲۵/۰۰۰/۰۰۰ ریال به تأسیسات شرکت آب و فاضلاب کاشان خسارت زده است.

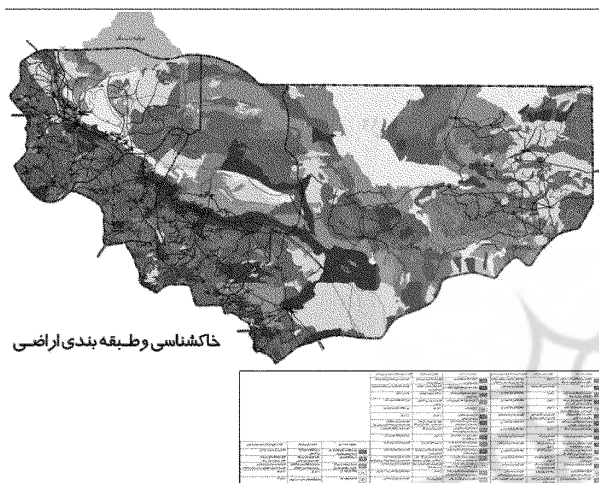
### مواد و روشها

در تحقیق حاضر مواد و روشهای مختلفی جهت حصول هرچه بهتر به نتایجی قابل قبول بکار رفته است که به منظور فراهم نمودن زمینه‌های لازم برای انجام مطالعات هیدرولوژی و کنترل سیلاب، در گام اول نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی کاشان تهیه و با استفاده از نرم‌افزارهای موجود چون AUTO CAD-ARCGIS رقومی شده تا براساس آن بتوان نقشه DEM, TIN, منطقه مورد مطالعه را تهیه کرد. همچنین براساس این فایل رقومی شده می‌توان نقشه شیب و جهت شیب (slop-aspect) آنرا بدست آورد. با توجه به اهمیت برآوردهای هیدرولوژیکی، داده‌های مورد نیاز شامل آمار بارندگی روزانه، به همراه دبی روزانه، سالانه سیلاب ضروری است. همچنین به منظور آگاهی از شرایط کلی حوزه و نحوه توزیع مکانی زیرحوزه‌ها و همچنین آگاهی از وضعیت وقوع سیلاب‌های قدیمی و مقایسه آنها با برآوردهای فعلی، لزوم انجام بازبندیهای صحرائی ضروری است.

### تعیین موقعیت و مشخصات فیزیکی منطقه

شهرستان کاشان از طرف شمال به شهرستان گرمسار و دریاچه نمک از سوی شمال غربی به شهرستان قم از مشرق به شهرستان اردستان از جنوب به شهرستان نطنز و بخش میمه و از جنوب غربی به شهرستان دلیجان محدود است. هرچند شمال شرقی و شرق کاشان را کویر احاطه کرده اما از سوی غرب و جنوب در جوار کوه‌های سربه فلک کشیده‌ای قرار گرفته که در حقیقت دنباله سلسله جبال مرکزی ایران می‌باشد. این رشته کوهها دارای قله مرتفعی هستند که مهم‌ترین و بلندترین آنها کوه کرکس به ارتفاع ۳۸۹۸ متر در نزدیکی نطنز قد برافراشته، قله دیگر آن عبارتند از قله نیاسر با ارتفاع ۳۶۰۰ متر و کوه هفت کتل به بلندای ۳۰۰۳ متر. آبهایی که از این

ولی به سمت مرکز، شیب بسیار ملایمی را دارا بوده و دشت‌های منطقه را تشکیل می‌دهد و در انتها به کویرها و چاله‌ها منتهی می‌شود. در سطح دشت‌ها، عوارض گوناگونی مانند پادگانه‌های آبرفتی قدیمی که توسط رودها بریده شده، تپه ماهورهای پراکنده، عوارض کویری، دشت ریگی، تلماسه‌ها و گنبد‌های نمکی (دیپرها) وجود دارند. از دیگر عوارض دشت، بقایای چین‌هایی است که در زیر رسوب‌های کواترنر مدفون شده است.



نگاره ۲: نقشه خاکشناسی کاشان

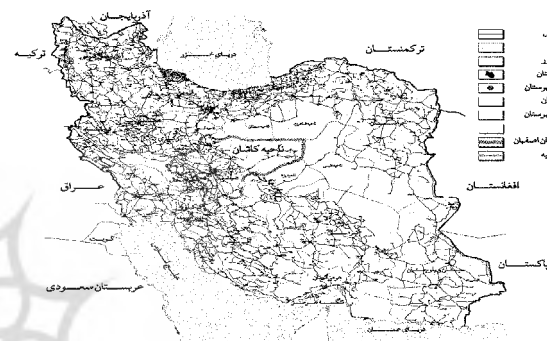
### اقلیم کاشان و تأثیر آن بر رخداد سیلاب

اقلیم یکی از فاکتورهای مهم پنج‌گانه خاک‌سازی است که در رشد و نمو گیاهان و گسترش آنها در نواحی مختلف تأثیر مهمی را دارد. اقلیم عاملی است که موجب تشدید و یا کندشدن روند سیلاب می‌شود. اقلیم متغیر مستقلاً در تشکیل خاک است و از دو عامل عمده رطوبت و دما تشکیل شده است. دما و رطوبت، نوع پوشش گیاهی، میزان ماده آلی خاک و بالاخره اکوسیستم خاک را تعیین می‌کند. منطقه کاشان دارای تابستان‌های گرم و نسبتاً طولانی و زمستان‌های ملایم است.

بر اساس آمار هواشناسی دوره ۳۰ ساله میانگین بارندگی سالیانه ۱۳۸/۸ میلی‌متر است. بارش‌ها از آبان ماه شروع شده و در خرداد ماه قطع می‌شود. برمبنای داده‌های هواشناسی رژیم حرارتی منطقه ترمیک و رژیم رطوبتی آن اربدیک می‌باشد. با بررسی داده‌های آماری ۳۰ ساله مشخص می‌گردد که اقلیم منطقه خشک است (روش دومارتن).

دمای میانگین گرم‌ترین ماه سال (تیر - جولای) ۳۲/۶ درجه سانتیگراد و سردترین ماه سال (دی - ژانویه) ۴/۹ درجه سانتیگراد است. متوسط مجموع ریزش‌های جوی در سال به ۱۳۸/۸ میلی‌متر می‌رسد که حدود ۸۰٪ سال رخ می‌دهد (متین‌فر ۱۳۸۵). مجموع تبخیر سالیانه بالغ بر ۲۹۹/۱ میلی‌متر می‌باشد. بادها در زمستان از شمال و شمال‌شرق منطقه می‌وزد که بر شدت تبخیر افزوده و مواد ریزدانه منفصل، مانند رس و نمک را با خود حمل می‌کند.

کوهسار به طرف دامنه‌های شمال‌شرق جریان می‌یابد بخشی از اراضی کاشان و حومه را مشروب می‌سازند. از مهم‌ترین این چشمه‌سارها چشمه فین است که در دامنه کوه دندان و هفت کتل ظاهر می‌شود. علاوه بر این که فین علیا و فین سفلی بوسیله آب آن مشروب می‌گردد، روستاهای دیگر نیز از آب این چشمه بهره‌مند می‌شوند. ارتفاع این شهر از سطح دریای آزاد ۹۴۵ متر و در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی واقع است. مساحت این شهرستان ۱۰۱۵۱ کیلومتر مربع و دارای چهار بخش می‌باشد.



نگاره ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی کاشان

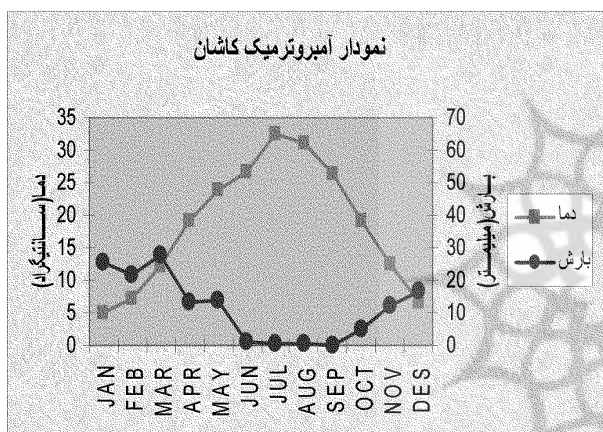
### مطالعه خاکشناسی و زمین‌شناسی کاشان

ارتفاع متوسط محدوده مطالعاتی کاشان ۱۲۸۹ متر از سطح دریا بوده و گسترش محدوده دشت تقریباً بصورت شمال‌غربی - جنوب‌شرقی است. به این ترتیب که حاشیه غربی آن به ارتفاعات ائوسن و الیگومیوسن و بخش‌های شرقی آن به تراس‌های قدیمی بلند تا متوسط کواترنری محدود می‌گردد. ارتفاعات غربی دشت که از نظر ارتفاعی بسیار بلندتر از سمت شرقی می‌باشند شامل واحدهای کنگلومرای میوسن پلیوسن (MP) آهک‌های ژیسفر و مرجانی الیگومیوسن (OM11, OML3) سازند قم و گدازه و سنگ‌های آذرینی انیدریتی ائوسن (E2) است. بخش جنوبی دشت کاشان نیز به تاقدیسی از ارتفاعات میوسن پلیوسن کامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ با هسته توفهای ماسه‌ای ائوسن (E5, MP1, MP2) محدود می‌گردد. کوه‌های منطقه بخشی از کوه‌های مرکزی ایران محسوب می‌شود و هم‌جهت با روند عمومی تراس زاگرس و زون سنندج - سیرجان امتداد یافته و شامل ارتفاعات قهرود بوده که از شمال‌غرب منطقه شروع شده و با جهت شمال‌غربی - جنوب شرقی تا جنوب آن امتداد می‌یابد. در شرق منطقه بخشی از کوه‌های یخاب و لطیف که تا ارتفاعات دریاچه نمک ادامه دارند، گسترش یافته است. این ارتفاعات دارای انواع دامنه‌های مضرس، گرده ماهی و پرتگاهی است. بین دو رشته کوه شرقی و غربی، فرورفتگی عظیمی مشاهده می‌شود که به صورت دره‌های وسیع و هم‌جهت با ارتفاعات از قم شروع شده تا اردستان و نواحی جنوبی تر ادامه می‌یابد و فقط چند رشته کوه کوچک خارج از روند اصلی دو رشته ذکر شده این نظم ساختمانی را برهم زده است. این فرورفتگی اغلب با شیب نسبتاً تندی به پای ارتفاعات متصل گردیده

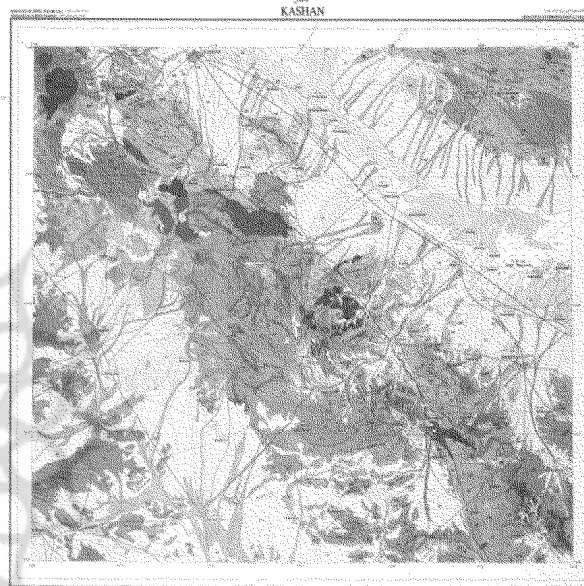
جدول ۱: متوسط دما و بارش ۳۰ ساله ایستگاه کاشان

پارامترها	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DES	متوسط
دمای MIN	-۰/۵	۱/۳	۵/۸	۱۱/۸	۱۶/۳	۲۱/۳	۲۴/۴	۲۲/۸	۱۷/۸	۱۱/۷	۵/۷	۱/۲	
دمای MAX	۱۰/۵	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۶/۴	۳۱/۳	۳۷/۸	۴۰/۸	۳۹/۷	۳۵/۳	۲۶/۹	۱۸/۹	۱۲/۳	
دمای متوسط	۱۸/۸	۴/۹	۷/۳	۱۲/۱	۱۹/۱	۲۳/۹	۲۹/۶	۳۲/۶	۳۱/۲	۲۶/۵	۱۹/۳	۱۲/۴	۶/۷
متوسط بارش	۲۵/۷	۲۱/۹	۲۸	۱۳/۳	۱۳/۷	۱/۲	۰/۴	۰/۵	۰/۱	۴/۸	۱۲/۳	۱۶/۸	

سنگ اصلی، عوامل مؤثر دیگری همانند هوازدگی مکانیکی بویژه در دامنه‌های عاری از پوشش گیاهی دارای اهمیت می‌باشد. با در نظر گرفتن نتایج محاسبات پارامترهای اقلیمی - عکس هوایی و تصاویر ماهواره‌ای میزان آبهای سطحی محدود و اغلب موقتی است.



نگاره ۴: نمودار آمپروترمیک ۳۰ ساله کاشان



نگاره ۳: نقشه زمین‌شناسی کاشان



نگاره ۵: هیدروگراف واحد تسطیح شده کاشان

جریان‌های سطحی که آب کوهستان‌های غربی و جنوبی را به حوضه‌های آبریز مرکزی و شمالی منتقل می‌کنند از شرق به غرب و شمال‌غربی عبارتند از: وش، تهماج (توتماج)، جهق (گهه)، بن‌رود (قصر)، چمرود، اورمک، سار، حمزه، سلخک و یحیی‌آباد. قهرود تنها رود دائمی

در مجموع، درجه بزی بودن منطقه ۵۵/۰۳ می‌باشد. بنابراین مقدار زیادی از بارش صورت گرفته در سال به واسطه تبخیر زیاد از دسترس خارج می‌شود. میزان تبخیر و تعرق بالقوه گویای شدت و ضعف دمای هوا و خشکی هواست. هرچه میزان رطوبت هوا کم باشد و دما نیز بالا رود میزان تبخیر و تعرق پتانسیل بالا می‌رود. تبخیر و تعرق ایستگاه کاشان محاسبه شده به روش تورنث ویث معادل ۱۹۰۲ میلی‌متر در سال است. شکل زیر منحنی آمپروترمیک ایستگاه کاشان را نشان می‌دهد (نگاره ۴). مطالعه این منحنی نشان می‌دهد که حداقل ۷ یا ۸ ماه سال، محیط دچار خشکی است. به این معنا، هنگامیکه دمای محیط روبه تزیاید است میزان رطوبت روبه کاهش می‌باشد و تنها ۳ تا ۴ ماه از سال برای رشد گیاه مناسب است.

### شبکه آبهای منطقه ۱-۱- آبهای سطحی

اندازه‌گیری مشخصات هندسی حوزه‌ها، سیستم فرسایش رودخانه‌ای تأثیرگذار بر لندفرم‌هایی را که از یک سو تحت تأثیر عوامل درونی و از سوی دیگر بوسیله فرآیند بیرونی مانند فرسایش و انتقال مواد توسط آبهای سطحی جاری بوجود آمده را نشان می‌دهد. در این سیستم فرسایش علاوه بر عملکرد آبهای سطحی روی رخنمون

منطقه است که در گرمترین ماه‌های سال تا نواحی جنوب دشت کاشان نیز می‌رسد و در بعضی از سال‌ها احتمال خشک شدن آب نیز وجود دارد. دیگر رویدادهای ذکر شده فقط در ماه‌های پرباران سال جریان دارند (محمد اسماعیلی ۱۳۸۴).

## ۱-۲- آبهای زیرزمینی

منابع آب‌های زیرزمینی کاشان را چاه‌ها و قنات و چشمه‌ها تشکیل می‌دهند. بهره‌برداری از این منابع طی سالهای ۱۳۵۵ و پس از آن روند صعودی داشته بطوری که در دهه ۶۰ به بیش از چهاربرابر دهه ۵۰ رسیده بگونه‌ای که در سال ۱۳۵۰ تعداد ۳۵ حلقه چاه عمیق با آبدی ۱۵ میلیون متر مکعب در سال، و در سال ۱۳۷۵ تعداد چاه‌ها به ۵۹۰ حلقه و آبدی سالیانه ۳۰۸ میلیون متر مکعب رسیده است. نتایج این روند سیر نزولی آبدی قنات منطقه و خشک شدن آنها بوده است. بطوری که در سال ۱۳۷۵ به ۴۶ رشته کاهش یافته است. مجموع آبدی قنات در سال ۱۳۵۲ حدود ۲۰ میلیون متر مکعب در سال، و در سال ۱۳۷۵ به ۱۴ میلیون متر مکعب کاهش یافته است.

## مشخصه‌ی حوضه‌های مورد مطالعه

### الف) رودخانه بن رود

شهر قمصر در ۳۰ کیلومتری جنوب شهرستان کاشان واقع شده و از لحاظ تقسیمات حوزه آبریزهای کشور جزء یکی از زیرحوزه‌های مستقل از حوزه دریاچه نمک به شمار می‌آید. رودخانه بن رود از دامنه خاوری کوه‌های مرتفع کرکس کاشان سرچشمه می‌گیرد و در جهت شمال جریان یافته و از روستاهای قرآن، بن رود و چند روستای دیگر عبور نموده و وارد شهر قمصر می‌شود. از میان شهر قمصر و روستای فرفهان در پائین دست شهر قمصر گذشته و به موازات جاده قمصر به طرف شهرستان کاشان حرکت می‌نماید. سپس از سمت خاوری این شهرستان عبور نموده و شاخه‌های کوچکی را از اطراف (از قبیل شاخه خنب و لتحر) دریافت می‌نماید و در این محدوده بنام گازرگاه خوانده می‌شود. رودخانه گازرگاه بعداً وارد منطقه آران و بیدگل شده و با رودخانه سوک‌چم تلاقی می‌نماید و در نهایت به دریاچه نمک می‌ریزد. سیلاب اخیر رودخانه بن رود باعث بروز خسارات فراوان در روستاهای حسن‌گون، رضاآباد، قرآن، بن رود، سررود، فرفهان، شهر قمصر و جاده کاشان - قمصر - گردیده است.

### ب) رودخانه قهرود

شامل شاخه‌هایی از ارتفاعات بالادست روستاهای دارمند، جوینان، شمسواران و قهرود می‌گردد که این شاخه‌ها نهایتاً پس از عبور از روستای فوق‌الذکر وارد سد شیخ‌بهای قهرود شده و از پائین دست این سد توسط یک شاخه اصلی خارج گردیده و سپس از مجاورت جاده قهرود گذشته و از کنار روستای حسین‌آباد و مسلم‌آباد عبور نموده و در امتداد جاده قمصر - کاشان حرکت می‌نماید. این رودخانه در نزدیکی کاشان و در بالادست شهرک ۲۲ بهمن کاشان مسیر خود را تغییر داده و به طرف جاده قدیم نطنز و

نهایتاً کویر منطقه ابوزیدآباد حرکت می‌نماید و نهایتاً به دریاچه نمک می‌ریزد. بروز سیل در رودخانه قهرود نیز باعث تخریب فراوان اماکن مسکونی، باغات و جاده‌های دسترسی روستاهای قهرود، دارمند، جوینان، شمسواران، مسلم‌آباد، حسین‌آباد شده است.

## ج) رودخانه جهق

این رودخانه از ارتفاعات بالادست این روستا سرچشمه گرفته و سپس از روستای زنجانبر عبور نموده و نهایتاً به روستای خرم‌دشت می‌رسد. پس از عبور از روستای خرم‌دشت این رودخانه جاده قدیم نطنز را قطع نموده و به طرف ابوزیدآباد حرکت می‌نماید و نهایتاً به دریاچه نمک متصل می‌گردد. در پی بروز سیل در این منطقه نیز خسارات فراوانی در روستاهای جهق بالا، جهق پائین، زنجانبر و خرم‌دشت ایجاد شده است.

مطالعات انجام گرفته برای سه رود چمرود، قمصر (بن رود) و قهرود با داشتن ایستگاه هیدرومتری، مشخصات هندسی این حوضه‌ها را که نسبت به سایر رودها پر آب‌ترند، نشان می‌دهد (جدول شماره ۲).

با مطالعه داده‌های موجود از سه حوضه، می‌توان چنین استنباط کرد که حوضه چمرود با متوسط دمای ۷/۶۴ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی ۱۲۱/۹۲ میلی‌متر و متوسط تبخیر ۹/۴۶ سانتی‌متر دارای اقلیم خشک و حوضه قمصر (بن رود) با داشتن متوسط دمای ۴/۹ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی (mm) ۱۹۸/۳ و متوسط تبخیر ۷۶/۴۶ (cm) دارای اقلیم نیمه‌خشک و همچنین حوضه قهرود با متوسط دمای ۹/۵۶ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی (mm) ۱۳۱/۶ و متوسط تبخیر ۹۰/۱۷ (cm) دارای اقلیم خشک است.

## تحلیل سیل و سیلاب در مناطق سیل‌زده

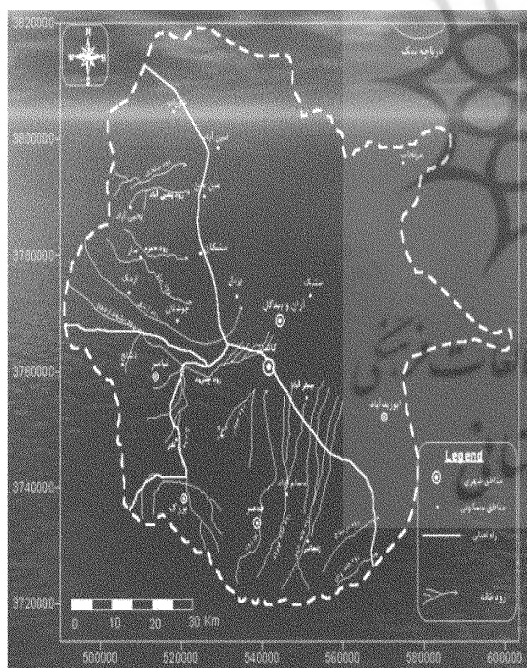
در خلال یا پس از یک بارندگی شدید مقدار دبی رودخانه به سرعت افزایش یافته و در نتیجه آب از بستر عادی و طبیعی خود سرریز نموده و سیلاب تشکیل گردیده و دشت سیلابی و مناطق اطراف آن را دربر می‌گیرد. شدت بارندگی یا نحوه توزیع عمق بارندگی نسبت به زمان یکی از عوامل مؤثر در ایجاد رواناب و جریانات سطحی بوده و بر شدت و بزرگی سیلاب‌ها همچنین میزان فرسایش خاکها تأثیر عمده‌ای دارد. از دیگر عوامل مؤثر می‌توان به نفوذپذیری زمین و وضع توپوگرافی منطقه، محیط و مساحت حوزه، شیب متوسط حوزه، زمان تمرکز حوزه وضعیت ارتفاعی حوزه و... اشاره نمود. در مناطق سیل‌زده اخیر در ارتفاعات کاشان به علت شیب زیاد حوزه و پوشش گیاهی ضعیف در بالای دست حوزه آبریز و مدت زمان بارندگی قابل توجه و میزان بارندگی فراوان سبب تشکیل سیلاب با حجم‌های بالا گردیده و با جاری شدن این سیلاب و سرعت زیاد آن نیروی جنبشی آب نیز به مقدار قابل توجهی افزایش یافته و سبب تخریب و فرسایش خاک در بالادست شده است. در قسمت‌های میانی نیز با توجه به تغییر کاربری اراضی حاشیه رودخانه و دخل و تصرفات انجام شده توسط اشخاص حقیقی و حقوقی (از قبیل احداث استخرهای پرورش ماهی و...) سبب تخریب و حمل زیاد این عوامل گردیده است.

جدول ۲: مشخصات حوضه‌ها

حوضه	موقعیت حوضه	مساحت (km) <sup>2</sup>	محیط (km)	ضریب فشردگی	طول حوضه (km)	حد اقل ارتفاع حوضه (m)	حداکثر ارتفاع حوضه (m)	شیب متوسط حوضه %	شیب آبراهه اصلی (km)	طول آبراهه متوسط	شیب حوضه %	شکل حوضه
بن رود (قمصر)	5126E 3444N	۲۰۰/۸۷	۸۵/۱۳	۱/۶۹	۲۸/۵۱	۱۲۰۰	۳۶۱۷	۲۷/۴	۳۳/۶	۷/۵	کشیده	
قهرود	5130E 3347N	۱۴۲/۳۳	۶۵/۰۴	۱/۵۴	۲۱/۶۶	۱۵۰۰	۳۰۰۰	۱۷/۷	۲۱/۶۶	۶/۷	پهن	
چم رود	5118E 3401N	۸۹۵/۳	۱۵۴/۳	۱/۴۵	۴۵/۶۵	۱۳۰۰	۳۶۱۷	۹/۵	۵۱	۴/۸	کشیده	

محل ورودی روستای مسلم‌آباد و گرفتگی و انسداد دهانه پل، موجب سرریز شدن آب و بالا آمدن آب قبل از دهانه پل و نهایتاً تخریب پل بر اثر گرفتگی دهانه و تخریب مکان‌های احداث شده اطراف آن از جمله ایستگاه هیدرومتری امور آب گردیده است.

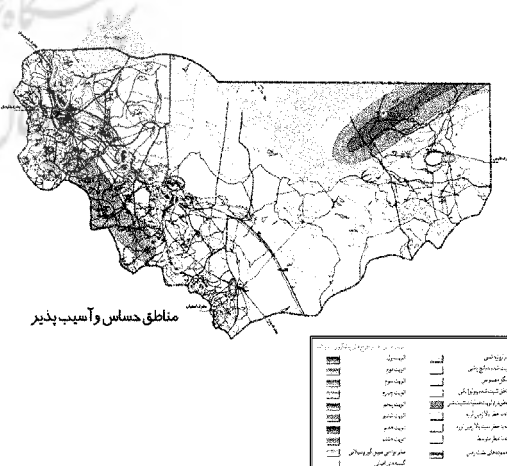
همچنین در محدوده شهر قمصر و روستاها به دلیل توسعه فیزیکی شهر، توسعه راه‌های ارتباطی، احداث سازه‌های متقاطع با رودخانه، احداث پل‌های غیراستاندارد و غیراصولی، ساماندهی و سنگ و سیمان نمودن دیواره رودخانه در شهر قمصر به صورت غیر فنی و عدم رعایت اصول فنی و مهندسی رودخانه‌ها، عدم محاسبه عمق آب شستگی و سرعت حرکت سیلاب، احداث پل‌های غیر عمود بر مسیر جریان که خود سبب پدیده رسوبگذاری و انسداد دهانه پل می‌گردد و همینطور احداث راه‌های ارتباطی روستاها در جاده‌ها به صورت غیراصولی و فنی و بدون در نظر گرفتن مسیر سیلاب رودخانه، سبب تغییرات وضعیت هیدرولیکی و مورفولوژی رودخانه و همین‌طور هیدرولیک سیستم رودخانه و نهایتاً بروز سیلاب و پخش سیلاب و ایجاد خسارات فراوان مالی و جانی گردیده است. یکی از عوامل مؤثر در سیل‌گیر شدن منطقه تغییر در شیب زمین است.



نگاره ۷: مسیر رودخانه‌های کاشان

## ۲) منطقه قهرود (رودخانه قهرود)

در حدود سه کیلومتری ابتدای جاده قهرود وجود دوشاخه ورودی رودخانه و تلاقی آنها در محل پل احداث شده بر روی جاده قهرود سبب تشدید رواناب سطحی گردیده به طوری که ارتفاع آب در محل این پل و در زمان پیک سیلاب در حدود ۱۰ متر برآورد می‌گردد. شدت سیلاب در این محل سبب تخریب مسیر جاده گردیده است. در این محل نیز بعلت عدم محاسبه عمق آب شستگی و فقدان فونداسیون مناسب در محل پل و همینطور عدم رعایت



نگاره ۶: نقشه مناطق حساس و آسیب‌پذیر کاشان

## آثار زیانبار ناشی از وقوع سیل در هر یک از نواحی مورد بازدید (۱) منطقه مسلم‌آباد (رودخانه قهرود)

بر اثر احداث پل غیراستاندارد و غیر فنی بر روی رودخانه قهرود در

اصول فنی جاده‌سازی و زیرسازی مناسب، جاده و مسیر ارتباطی جاده قهرود تا مجاورت جاده شهسواران به کلی تخریب شده است. در طول همین مسیر بعضاً پل‌های کوچک و غیراستاندارد نیز مزید بر علت شده و سبب رسوبگذاری دهانه پل و انسداد آن و نهایتاً تخریب پل و جاده گردیده است.

### ۳) منطقه قهرود (رودخانه جوینان)

دخل و تصرفات صورت گرفته در حریم و بستر رودخانه جوینان و تغییر کاربری اراضی حریم و بستر رودخانه به بافت مسکونی و کشاورزی سبب تنگ‌شدن بستر رودخانه در این محل گردیده است. سیلاب در این منطقه سبب تخریب چندواحد مسکونی، تیرهای برق، شبکه آب روستا، پرشدن قنات‌ها و کنده‌شدن درختان موجود در حریم و بستر رودخانه شده است.

### ۴) منطقه قهرود (روستای قهرود)

در محل روستای قهرود و در دامنه ارتفاعات به علت واقع شدن تعداد زیادی از منازل مسکونی در شیب تند کوهپایه و تغییر کاربری اراضی و تبدیل تمام آبراهه‌ها به کوچه و خیابان و حوزة آبریز پرشیب بالادست و عدم پیش‌بینی تمهیدات لازم در صورت بروز سیلاب ناگهانی، سبب تخریب تعدادی از منازل و مغازه‌های موجود در مسیر اصلی آبراهه که مفروش به آسفالت بوده، گردیده است. در همین محل به علت سرعت زیاد وقوع سیل و ناگهانی بودن آن و غافلگیر شدن سکنه، تلفات جانی نیز مشاهده می‌شود.

### ۵) منطقه قمصر (رودخانه بن‌رود - روستای قرآن)

در این محل نیز بر اثر دخل و تصرفات صورت گرفته و تجاوز اشخاص به حریم و بستر رودخانه و تنگ‌شدن بستر رودخانه، بروز سیلاب باعث تخریب فراوان درختان موجود در مسیر و آزادسازی مسیر و طغیان سیلاب گردیده است.

### ۶) منطقه قمصر (رودخانه بن‌رود)

در محل اولین پل ورودی بر روی رودخانه بن‌رود (بلوار اصلی شهر) و ورودی روستای فرفهان، احداث جاده دسترسی روستای فرفهان بدون رعایت اصول زیرسازی و همین‌طور دیوارچینی ساحل‌های رودخانه بدون در نظر گرفتن عمق آب شستگی و لاشه‌چینی نامناسب بدون تحکیم دیواره‌های راست و چپ رودخانه، بروز سیلاب سبب تخریب کلی جاده ورودی روستای فرفهان، تخریب پایه‌های پل و ریزش دیواره‌های سنگ‌چین شده بلوار ورودی قمصر گردیده است. در سایر نقاط و ادامه مسیر رودخانه بن‌رود به سمت بالادست تعداد دیگری نیز پل تخریب شده‌اند که اکثراً به خاطر عدم رعایت اصول فنی و مهندسی رودخانه‌ها، تنگ‌بودن دهانه پل و انسداد آن و یا غیر عمودی بودن پل احداث شده بر روی رودخانه و رسوبگذاری در محل پل‌ها بوده است که بایستی در آینده از تکرار آن جلوگیری شود.

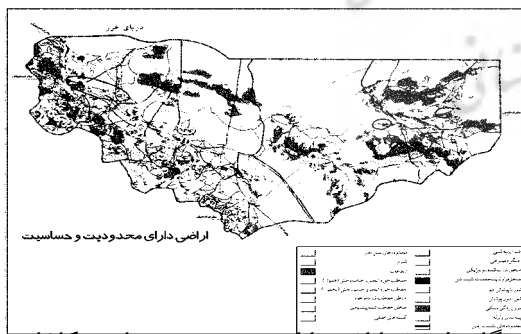
### ۷) جاده کاشان - قمصر (رودخانه بن‌رود - فرفهان)

با عبور سیلاب از رودخانه بن‌رود و گذر از محله فرفهان و پس از تخریب فراوان موانع موجود در مسیر رودخانه و در واقع آزادسازی حریم و بستر رودخانه در محله فرفهان، سیلاب به بند واقع شده در پائین دست فرفهان رسیده و با پرشدن این بند خاکی سیلاب از آن سرریز نموده و در مسیر اصلی خود به سمت شهرستان کاشان حرکت نموده است. در طول این مسیر نیز بعضاً تنگ‌شدن دهانه رودخانه و گرفتگی وجود داشته است و نهایتاً در نزدیکی میدان اول جاده قمصر و در محل تلاقی با رودخانه لتحر و خنب از مسیر خود منحرف شده و وارد جاده آسفالت گردیده و نهایتاً به سمت گازرگه هدایت شده است. در این محل نیز به علت عدم احداث دیواره چینی و تکمیل نبودن دیواره سنگی احداث شده و هدایت سیلاب از بالا دست و دخل و تصرفات صورت گرفته در حریم و بستر رودخانه، سیلاب در جاده قمصر - کاشان پخش گردیده و سبب تخریب قسمتی از جاده مذکور شده است.

### ۸) منطقه جهق - زنجانبر

در این محل نیز به علت شیب تند ارتفاعات منطقه و بارندگی فراوان و شدت زیاد آن، سیلاب با پیک بالا از ارتفاعات موجود جاری شده و در روستاهای جهق بالا، جهق پایین و زنجانبر سبب بروز خسارات فراوان به مناطق کشاورزی و بعضاً بافت مسکونی منطقه گردیده است. سیلاب اخیر پس از عبور از روستای زنجانبر و در ادامه مسیر به طرف روستای خرم‌دشت حرکت نموده و با حجم آورد بالای خود و بار معلق فراوان آن سبب تخریب موانع موجود در حریم و بستر رودخانه مذکور و طغیان رودخانه گردیده است و نهایتاً پس از تخریب پل‌های موجود و قسمتی از جاده قدیم نطنز به سمت کویر ابوزیدآباد حرکت نموده است.

نگاره (۸) اراضی دارای محدودیت و حساسیت منطقه کاشان از جمله محدوده‌های سیل خیز را نشان می‌دهد.



### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به وضعیت خاص توپوگرافی و آب و هوایی حاکم بر منطقه کاشان و کوهپایه بودن آن و بروز حوادث غیرمترقبه از قبیل سیل و غیره که در سال‌های مختلف شاهد اثرات مخرب آن در ابعاد وسیع بوده‌ایم، رعایت موارد ذیل به عنوان اصول اولیه پیشگیری و پیش‌بینی سیلاب‌ها ضروری است.

۱) فرهنگ‌سازی عمومی در سطوح مختلف جامعه، نهادهای دولتی،

ارگان‌ها و سایر ادارات مربوطه در حوزه شهرستانهای کاشان و آران و بیدگل در خصوص وقوع سیل، اهمیت سیل و چگونگی پیشگیری و مقابله با آن. (۲) سیلابهای اتفاق افتاده در یک قرن گذشته در منطقه کاشان و خسارت‌های ناشی از آن در گستره وسیعی از منطقه (قمصر، قهرود، برزک، نوش‌آباد و...) و همچنین گسترش شهر، راهها و تجاوز به حریم رودخانه‌ها، لزوم برنامه‌ریزی جامع در امر مدیریت سیلاب را گوشزد می‌کند.

(۳) لزوم رعایت قوانین توزیع عادلانه آب به ویژه در بخش آبهای سطحی و مهندسی رودخانه و بالانحص رعایت حدحریم و بستر کلیه رودخانه‌ها توسط اشخاص حقیقی و حقوقی و استعمال مقدار حدحریم و بستر رودخانه در هر زمان و قبل از احداث هرگونه تأسیسات در مجاورت رودخانه و تقاطع با آن و همینطور قبل از صدور هرگونه مجوز یا اسناد مالکیت.

(۴) اعمال مدیریت واحد در رودخانه‌ها (با توجه به اینکه رودخانه‌ها از مناطق مختلف شهری و خارج شهری عبور کرده و از سرچشمه تا انتهای آن باید تحت نظر مدیریت واحدی قرار داشته باشند) و لزوم تابعیت تمامی ارگانها، نهادها و ادارات ذیربط از شرکت آب منطقه‌ای و اداره امور آب مربوطه.

(۵) تأمین اعتبار لازم و ویژه جهت نقشه‌برداری و تعیین حریم و بستر کلیه رودخانه‌ها در حوزه استحفاظی این شهرستان.

(۶) تأمین اعتبار لازم جهت ساماندهی و سنگ و سیمان نمودن کلیه رودخانه‌ها در حومه شهرها و روستاها توسط شهرداری‌ها و دهیاری‌ها و در خارج از آنها توسط شرکت آب منطقه‌ای.

(۷) اجرای عملیات میله‌کوبی و تثبیت حدبستر در محدوده‌های مورد نیاز.

(۸) برخورد جدی و قانونی با متصرفین و متجاوزین به حریم و بستر رودخانه‌ها.

(۹) همکاری و مساعدت کلیه ارگانها و نهادها جهت جلوگیری و پیشگیری از بروز سیل ناگهانی.

(۱۰) عدم صدور مجوز برداشت شن و ماسه از مصالح رودخانه‌ای توسط ارگانهای ذیربط و رعایت رژیم طبیعی رودخانه و ترغیب برداشت مصالح از مناطق غیر رودخانه‌ای (از قبیل مخروط افکنه‌ها و...).

(۱۱) برآورد خسارت ناشی از سیل توسط کارشناسان مجرب و رعایت حریم و بستر رودخانه‌ها و مکان‌های احداثی واقع شده در آن و جلوگیری از پرداخت خسارت به متصرفین و متجاوزین به رودخانه‌ها که خود سبب ترغیب دوباره آنان در تصرف حریم و بستر رودخانه‌ها می‌شود.

(۱۲) کاربرد سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) و سنسچ از دور (RS) در مدیریت بحران در مرحله کاهش اثرات، در تمامی فعالیت‌های مستمری که برای کاهش یا از میان بردن آسیب‌پذیری جانی و مالی در برابر مخاطرات یا اثرات آنها انجام می‌شود، مشخص می‌سازد که کدام نواحی خطرناک‌تر یا در مخاطره هستند.

## مراحل پیشنهادی مدیریت میان مدت سیلاب در منطقه کاشان

### ۱) تهیه بانک جامع اطلاعاتی مبتنی بر (GIS)

- طراحی سیستم مدیریت پایگاه داده

- طراحی مدل‌های کاربردی مورد نیاز

- تهیه مدل فیزیکی و پیاده‌سازی سیستم

## ۲) شناسایی و اولویت‌بندی اقدامات مورد نیاز با استفاده از تحلیل بانک اطلاعاتی

اطلاعات و مدل‌های تهیه شده در سامانه اطلاعاتی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و با توجه به آن اقدامات لازم جهت مدیریت سیلاب شناسایی و با توجه به درصد اهمیت آن اولویت‌بندی می‌شوند.

## ۳) مطالعات تکمیلی موارد اولویت‌بندی شده

نیازهای شناسایی شده با توجه به اولویت‌های بدست آمده از مرحله قبل، مورد به مورد مطالعه و دستورالعمل‌های اجرایی لازم تهیه می‌گردد.

## منابع و مأخذ

۱- علیزاده، امین. (۱۳۸۴)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.

۲- جداری عیوضی، جمشید. (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی ایران، دانشگاه پیام‌نور

۳- وزیر، محمدرضا. (۱۳۶۶)، مطالعه زمین‌شناسی و چینه‌شناسی در جنوب و جنوب‌غرب کاشان، دانشگاه تهران.

۴- حسن‌زاده، جمشید. (۱۳۵۷)، زمین‌شناسی و پترولوژی سنگهای آذرین قمصر، جنوب کاشان، دانشگاه تهران

۵- رفاهی، حسینقلی. (۱۳۵۷)، فرسایش آبی و کنترل آن، دانشگاه تهران.

۶- محمودی، فرج‌اله. (۱۳۸۱)، ژئومورفولوژی دینامیک، انتشارات پیام‌نور

۷- محمودی، فرج‌اله. (۱۳۸۲)، ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات پیام‌نور

۸- مقیمی، ابراهیم. (۱۳۸۵)، ژئومورفولوژی شهری، دانشگاه تهران

۹- رجایی، عبدالحمید. (۱۳۷۳)، ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای، نشر قومس.

۱۰- مهدوی، محمد. (۱۳۷۱)، هیدرولوژی کاربردی، جلد‌های ۱ و ۲، دانشگاه تهران

۱۱- موحد دانش، علی‌اصغر. (۱۳۷۳)، هیدرولوژی آبهای سطحی ایران، انتشارات سمت

۱۲- سازمان تحقیقات منابع آب کشور (تساب)، وابسته به وزارت نیرو، آمارهای ایستگاه هیدرولوژی

۱۳- اداره امور آب کاشان، آمار و مشخصات هندسی حوضه‌ها و رودخانه‌ها

۱۴- سازمان هواشناسی، آمار هواشناسی ایستگاههای کاشان

۱۵- متین‌فر، حمیدرضا. ارزیابی داده‌های سنسچند Aster-LISS-ETM+ TM-MSS- به منظور شناسایی خاکها بر اساس مطالعات میدانی به کمک GIS در کاشان، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۱۶- محمودی، فرج‌اله. محمد اسماعیلی، زهرا. هیدرولوژی کاشان و اثرات آن در آمایش سرزمین (با کاربرد تکنیک GIS)، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۴۸، تابستان ۱۳۸۳.

۱۷- بر خوردار، م. چاوشیان، ع. (۱۳۷۹)، پهنه‌بندی سیلاب، کارگاه آموزشی مهارت سیلاب رودخانه‌ها، انجمن هیدرولیک ایران.