





دانشگاه شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه آب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست محیطی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی کمی و کیفی سیلاب حوضه‌های قمصر و قهرود

محبوبه ساده قمصری

استاد راهنما:

دکتر غلامحسین کرمی

بهمن ۱۳۹۳

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می کنم به آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

به استوارترین تکیه گاهم، دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم، چشمان سبز مادرم

به پشتوانه و تکیه گاه همیشگیم، خواهر عزیزم

و تقدیم به تمام کسانی که دوستان دارم

شکر و قدردانی

سپاس خدا را؛ سپاسی که در سایه ساداش در جمع سپاس مندان درگاهش باشیم و به یاریش، بر مشتاقان به سوی دریای رضایت و غفرانش، پیشی بگیریم.

بی شک انجام این تحقیق بدون همراهی بزرگوارانی که به نوبه در طی مسیر مریاری نمودند میسر نبود. در این راه خود را می یون اساتید بزرگوار می دانم که علم و اخلاق را به من آموختند. بر خود واجب می دانم از زحمات بی دریغ استاد کرامت و بزرگوارم جناب آقای دکتر غلامحسین کریمی که راهنمایی پایان نامه بنده را بر عهده داشتند و بار راهنمایی و مساعدت های ارزنده خود در تمامی مراحل این پژوهش و تسهیل مریاری نمودند شکر و قدردانی نمایم.

مراتب قدرانی خود را از داوران محترم جناب آقای دکتر جعفری و جناب آقای دکتر باقری که داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند و نایند محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر طاهری ابرازی دارم. از همکاری و مساعدت اساتید دانشکده علوم زمین، مخصوصاً دکتر فرقانی، دکتر قشلاقی، دکتر جعفری، دکتر طاهری و دکتر باقری و همچنین کارشناسان محترم دانشکده علوم زمین جناب آقای مهندس میرباقری، سرکار خانم مهندس فارسی، سرکار خانم مهندس سعیدی و نیز از ریاست محترم اداره امور آب شهرستان کلان آقای مهندس کنجی، کارکنان محترم شرکت آب منطقه ای استان اصفهان و همچنین سازمان فضایی کشور که تصاویر ماهواره ای منطقه را در اختیار بنده گذاشتند تقدیر و شکر می نمایم. بردستان پر مهر پدر و مادرم که به نوبه در سختی ها و مشکلات یار و یاورم بوده اند بوسه می زنم و خود را می یون سید پر مهرشان و دعای خیرشان که به نوبه بدرقه راهم بوده میدانم. از یگانة خواهر عزیزم به خاطر تمامی زحماتی که متقبل شدند قدردانی می نمایم. از تک تک همکلاسی های عزیزم و دیگر دوستانی که در تدوین و نگارش این مجموعه همراهی نمودند سپاس گذاری می نمایم.

مقالات مستخرج از این پایان نامه:

برآورد ضریب رواناب در حوضه‌های قمصر و قهرود با استفاده از نرم‌افزار SpSS، همایش کاربرد کامپیوتر

در علوم زمین تهران، ۹ آذر ۱۳۹۳.

پهنه‌بندی خطر سیلاب قمصر و قهرود با استفاده از GIS، اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع

طبیعی و توسعه پایدار، تهران ۳۰ بهمن ۱۳۹۳

چکیده

سیل یکی از مخاطرات طبیعی است که همه ساله خسارات زیانباری در سراسر جهان و ایران به وجود می‌آورد. حوضه‌های قمصر و قهرود واقع در جنوب شهرستان کاشان از جمله حوضه‌هایی هستند که هر چند سال یکبار در آن‌ها سیل‌هایی به وقوع می‌پیوندد. تا کنون هیچ مطالعه جامعی بر روی وضعیت سیل خیزی منطقه قمصر و قهرود انجام نشده است. بنابراین هدف اصلی انجام این تحقیق تعیین پتانسیل سیل خیزی منطقه می‌باشد. به منظور ارزیابی وضعیت سیل خیزی منطقه پس از انجام بازدیدهای صحرایی، عوامل مؤثر بر ایجاد رواناب شامل (وجود مواد منفصل بر روی واحدهای سنگی، شیب، بارش، پوشش گیاهی و لیتولوژی) شناسایی شدند. سپس لایه‌های اطلاعاتی مربوط به این پارامترها در محیط GIS تهیه شده و با استفاده از دو روش کارشناسی و تحلیل سلسله مراتبی ارزش‌دهی و وزن‌گذاری شدند. پس از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی فوق بر اساس ارزش‌ها و وزن‌های گرفته شده نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از روش‌های فوق‌الذکر تهیه گردید. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که بیشترین خطر سیلاب در بخش‌های جنوبی و بالادست حوضه متمرکز شده‌اند. همچنین با استفاده از داده‌های هیدرومتری در دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۴۷ ضریب تغذیه برای حوضه‌های قمصر و قهرود محاسبه گردید. علاوه بر این ضریب رواناب برای فصل‌های زمستان، بهار و تابستان برای حوضه‌های مورد مطالعه محاسبه شد که به ترتیب برابر با ۰/۰۳، ۰/۰۲ و ۰/۲۶ بدست آمد. همچنین از نرم‌افزار Smada و Easyfit برای تعیین تابع توزیع آماری و دوره بازگشت استفاده شد. مهم‌ترین نوع توزیع آماری برازش داده شده بر داده‌های دبی توزیع لوگ پیرسون تیپ سه بود. ارزیابی کیفی آب‌های سطحی در حوضه‌های مورد مطالعه بیانگر این است که مقادیر هدایت الکتریکی و یون‌های اصلی از بالادست حوضه‌ها به پایین‌دست آن‌ها افزایش پیدا کرده است.

کلمات کلیدی: سیلاب، ضریب رواناب، قمصر و قهرود

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق	۱
۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه	۱
۳-۱- آب و هوای منطقه	۲
۴-۱- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه	۸
۴-۱-۱- چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه	۹
۴-۱-۲- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه	۱۶
۵-۱- ژئومورفولوژی منطقه	۱۶
۶-۱- هیدرولوژی منطقه	۱۷
۷-۱- هیدروژئولوژی منطقه	۱۹
۸-۱- تاریخچه سیلاب در منطقه مورد مطالعه	۲۰
فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده درباره ارزیابی کمی و کیفی سیلاب	۲۳
۱-۲- عوامل تأثیرگذار بر وقوع سیلاب	۲۳
۱-۲-۱- لیتولوژی	۲۴
۱-۲-۲- پوشش گیاهی	۲۵
۱-۲-۳- اقلیم	۲۶
۱-۲-۴- کاربری زمین	۲۷
۱-۲-۵- توپوگرافی	۲۸
۱-۲-۶- خصوصیات فیزیکی حوضه	۳۰
۲-۲- روش‌های برآورد سیلاب	۳۲
۱-۲-۲- روش استدلالی	۳۲
۲-۲-۲- روش‌های تجربی	۳۴
۳-۲- برآورد حداکثر دبی سیلاب با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک	۳۶
۱-۳-۲- روش منحنی‌های پوش	۳۸

۳۸.....	۲-۳-۲- روش آنالیز سیلاب منطقه
۴۰.....	۳-۳-۲- استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی
۴۳.....	۴-۲- ارزیابی کیفی سیلاب
۴۷.....	فصل سوم: مواد و روش ها
۴۷.....	۱-۳- مقدمه
۴۸.....	۲-۳- جمع‌آوری داده‌ها و نقشه‌های منطقه مورد مطالعه
۴۹.....	۳-۳- برازش توزیع‌های احتمال
۴۹.....	۱-۳-۳- توزیع نوع سوم پیرسون
۴۹.....	۲-۳-۳- توزیع لوگ پیرسون
۴۹.....	۳-۳-۳- توزیع نرمال
۴۹.....	۴-۳-۳- توزیع لوگ‌نرمال
۵۰.....	۵-۳-۳- توزیع گامبل
۵۰.....	۶-۳-۳- توزیع لوگ لجستیک
۵۰.....	۴-۳- انتخاب روش مناسب برای تعیین ضریب رواناب
۵۱.....	۵-۳- ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی منطقه
۵۱.....	۶-۳- تولید لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز
۵۲.....	۷-۳- طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی
۵۲.....	۸-۳- امتیازدهی لایه‌های اطلاعاتی
۵۳.....	۹-۳- هم‌پوشانی و تلفیق لایه‌ها و تهیه نقشه معیار
۵۳.....	۱-۹-۳- وزن‌دهی کارشناسی
۵۴.....	۲-۹-۳- روش تحلیل سلسله مراتبی
۵۵.....	فصل چهارم: ارزیابی کمی و کیفی سیلاب در حوضه‌های قمصر و قهرود
۵۵.....	۱-۴- مقدمه
۵۶.....	۲-۴- برازش توزیع احتمال
۶۶.....	۳-۴- تحلیل فراوانی
۷۰.....	۴-۴- برآورد ضریب تغذیه

۷۳.....	۵-۴- تعیین بافت خاک منطقه
۷۵.....	۶-۴- محاسبه ضریب رواناب
۷۷.....	۷-۴- ارزیابی کیفی سیلاب
۸۷.....	۸-۴- تحلیل و پردازش داده‌ها از طریق GIS
۸۸.....	۱-۸-۴- لایه لیتولوژی
۸۹.....	۲-۸-۴- لایه پوشش مواد منفصل موجود بر روی واحدهای سنگی
۹۲.....	۳-۸-۴- لایه پوشش گیاهی
۹۵.....	۴-۸-۴- لایه شیب
۹۶.....	۵-۸-۴- لایه بارش
۹۷.....	۹-۴- هم‌مقیاس‌سازی لایه‌های اطلاعاتی
۹۸.....	۱۰-۴- وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی
۹۸.....	۱-۱۰-۴- روش کارشناسی
۱۰۳.....	۲-۱۰-۴- روش تحلیل سلسله مراتبی (مقایسه زوجی)
۱۰۹.....	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۱۰۹.....	۱-۵- نتیجه‌گیری
۱۱۲.....	۲-۵- پیشنهادها
۱۱۳.....	منابع مورد استفاده

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه.....	۲
شکل ۲-۱- نمودار ارتفاع- بارندگی منطقه مورد مطالعه	۵
شکل ۳-۱- نمودار آمبروترمیک قمصر	۸
شکل ۴-۱- نمودار آمبروترمیک قهرود.....	۸
شکل ۵-۱- زون زمین‌شناسی- ساختاری در پهنه نقشه ایران.....	۹
شکل ۶-۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه	۱۴
شکل ۷-۱- تصویر سه‌بعدی منطقه مورد مطالعه	۱۷
شکل ۸-۱- آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه	۱۸
شکل ۹-۱- موقعیت چاه‌ها و چشمه‌های منطقه مورد مطالعه	۱۹
شکل ۱۰-۱- خسارت جانی و مالی وارده در اثر سیل سال ۱۳۸۶ در قمصر و قهرود.....	۲۰
شکل ۱-۲- تأثیر شکل حوضه بر هیدروگراف حوضه	۳۱
شکل ۱-۳- نمودار جریانی مراحل انجام کار پایان‌نامه	۴۸
شکل ۱-۴- برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قمصر در نرم‌افزار Easyfit	۵۷
شکل ۲-۴- برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قمصر در نرم‌افزار Smada	۵۸
شکل ۳-۴- برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قهرود در نرم‌افزار Smada	۵۹
شکل ۴-۴- برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قهرود در نرم‌افزار Easyfit	۶۰
شکل ۵-۴- برازش آماری دبی سیلابی حوضه قمصر در نرم‌افزار Smada	۶۱
شکل ۶-۴- برازش آماری دبی سیلابی حوضه قمصر در نرم‌افزار Easyfit	۶۲
شکل ۷-۴- برازش آماری دبی سیلابی حوضه قهرود در نرم‌افزار Smada	۶۳
شکل ۸-۴- برازش آماری دبی سیلابی حوضه قهرود در نرم‌افزار Easyfit	۶۴
شکل ۹-۴- نمودار دانه‌بندی نمونه‌های برداشت شده	۷۴
شکل ۱۰-۴- مثلث طبقه بندی رسوبات و سنگ‌های آواری بر اساس اندازه ذرات تشکیل‌دهنده آن‌ها.....	۷۵
شکل ۱۱-۴- نمودار باران- رواناب حوضه قمصر	۷۶
شکل ۱۲-۴- نمودار باران- رواناب حوضه قهرود	۷۷

- شکل ۱۳-۴- موقعیت محل‌های نمونه‌برداری ۷۸
- شکل ۱۴-۴- نمودار تغییرات زمانی هدایت الکتریکی ۸۰
- شکل ۱۵-۴- نمودار هدایت الکتریکی نمونه‌های برداشت شده ۸۱
- شکل ۱۶-۴- نمودار شولر نمونه‌های برداشت شده ۸۲
- شکل ۱۷-۴- نمودار پایپر نمونه‌های برداشت شده ۸۳
- شکل ۱۸-۴- نمودار استیف نمونه‌های برداشت شده در حوضه‌های آبگیر مورد مطالعه ۸۴
- شکل ۱۹-۴- نمودار ویلکاکس ۸۶
- شکل ۲۰-۴- رخنمون توده‌های آذرین در روستای قهرود ۸۸
- شکل ۲۱-۴- لایه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه ۸۹
- شکل ۲۲-۴- دامنه‌های با پوشش واریزه و ارتفاعات بدون پوشش واریزه ۹۰
- شکل ۲۳-۴- انواع پوشش مواد منفصل موجود بر روی واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه ۹۱
- شکل ۲۴-۴- لایه پوشش مواد منفصل موجود بر روی واحدهای سنگی در منطقه مورد مطالعه ۹۲
- شکل ۲۵-۴- لایه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه ۹۳
- شکل ۲۶-۴- انواع پوشش گیاهی موجود در منطقه ۹۴
- شکل ۲۷-۴- نمایی از شیب منطقه مورد مطالعه ۹۵
- شکل ۲۸-۴- لایه شیب منطقه مورد مطالعه ۹۶
- شکل ۲۹-۴- نقشه همبارش منطقه مورد مطالعه ۹۷
- شکل ۳۰-۴- لایه لیتولوژی ۱۰۰
- شکل ۳۱-۴- لایه پوشش مواد منفصل بر روی واحدهای سنگی ۱۰۰
- شکل ۳۲-۴- لایه پوشش گیاهی ۱۰۱
- شکل ۳۳-۴- لایه شیب ۱۰۱
- شکل ۳۴-۴- لایه باران ۱۰۲
- شکل ۳۵-۴- نقشه نهایی تهیه شده با روش کارشناسی ۱۰۲
- شکل ۳۶-۴- لایه لیتولوژی ۱۰۴
- شکل ۳۷-۴- لایه پوشش مواد منفصل بر روی واحدهای سنگی ۱۰۵
- شکل ۳۸-۴- لایه پوشش گیاهی ۱۰۵
- شکل ۳۹-۴- لایه شیب ۱۰۶

- شکل ۴-۴۰- لایه باران ۱۰۶
- شکل ۴-۴۱- نقشه نهایی تهیه شده با روش تحلیل سلسله مراتبی ۱۰۷
- شکل ۵-۱- پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از روش کارشناسی در حوضه‌های مورد مطالعه ۱۱۱
- شکل ۵-۲- پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در حوضه‌های مورد مطالعه ۱۱۱

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های باران‌سنجی مجاور منطقه	۳
جدول ۲-۱- مقدار بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مجاور آن	۴
جدول ۳-۱- میانگین بارندگی ماهانه (بر حسب میلی‌متر) در ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه	۶
جدول ۴-۱- طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس معادله دمارتن	۷
جدول ۵-۱- توضیح مختصر واحدهای سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه	۱۵
جدول ۶-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده حوضه‌های مورد مطالعه	۱۸
جدول ۷-۱- خسارات ناشی از وقوع سیل در منطقه کاشان	۲۱
جدول ۱-۲- رابطه بین میزان نفوذپذیری و سیل‌خیزی حوضه	۲۹
جدول ۲-۲- ضریب رواناب در روش استدلالی	۳۴
جدول ۱-۳- لیست نرم‌افزارهای استفاده شده	۵۲
جدول ۲-۳- ارزش‌های اختصاص یافته در روش تحلیل سلسله مراتبی	۵۴
جدول ۱-۴- میزان خطای برازش تابع توزیع دبی حداکثر روزانه در حوضه‌های قمصر و قهرود	۶۵
جدول ۲-۴- میزان خطای برازش تابع توزیع سیلاب حوضه‌های مورد مطالعه	۶۵
جدول ۳-۴- دبی اوج روزانه محاسبه شده با استفاده از توزیع‌های مختلف در حوضه آبگیر قمصر	۶۷
جدول ۴-۴- دبی اوج روزانه محاسبه شده با استفاده از توزیع‌های مختلف در حوضه آبگیر قهرود	۶۸
جدول ۵-۴- دبی سیلاب محاسبه شده با استفاده از توزیع‌های مختلف در حوضه آبگیر قمصر	۶۹
جدول ۶-۴- دبی سیلاب محاسبه شده با استفاده از توزیع‌های مختلف در حوضه آبگیر قهرود	۷۰
جدول ۷-۴- ضریب تغذیه در حوضه آبگیر قمصر	۷۱
جدول ۸-۴- ضریب تغذیه در حوضه آبگیر قهرود	۷۲
جدول ۹-۴- آزمایش دانه‌بندی نمونه‌های خاک برداشت شده	۷۳
جدول ۱۰-۴- ضریب رواناب حوضه‌های قمصر و قهرود	۷۶
جدول ۱۱-۴- موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری	۷۸
جدول ۱۲-۴- نتایج آنالیز کیفی نمونه‌های آب برداشت‌شده	۷۹
جدول ۱۳-۴- پارامترهای شیمیایی محاسبه شده نمونه برداشتی	۷۹

جدول ۴-۱۴ - طبقه‌بندی آب از نظر مصارف کشاورزی	۸۵
جدول ۴-۱۵ - طبقه‌بندی کیفیت آب از نظر کشاورزی	۸۷
جدول ۴-۱۶ - ارزش‌دهی به لایه‌های مختلف (روش کارشناسی)	۹۹
جدول ۴-۱۷ - مقادیر ارزش و وزن اعمال شده در روش مقایسه زوجی	۱۰۳
جدول ۵-۱ - مقایسه سطح خطر روش کارشناسی و سلسله مراتبی	۱۱۰

فصل اول: مقدمه

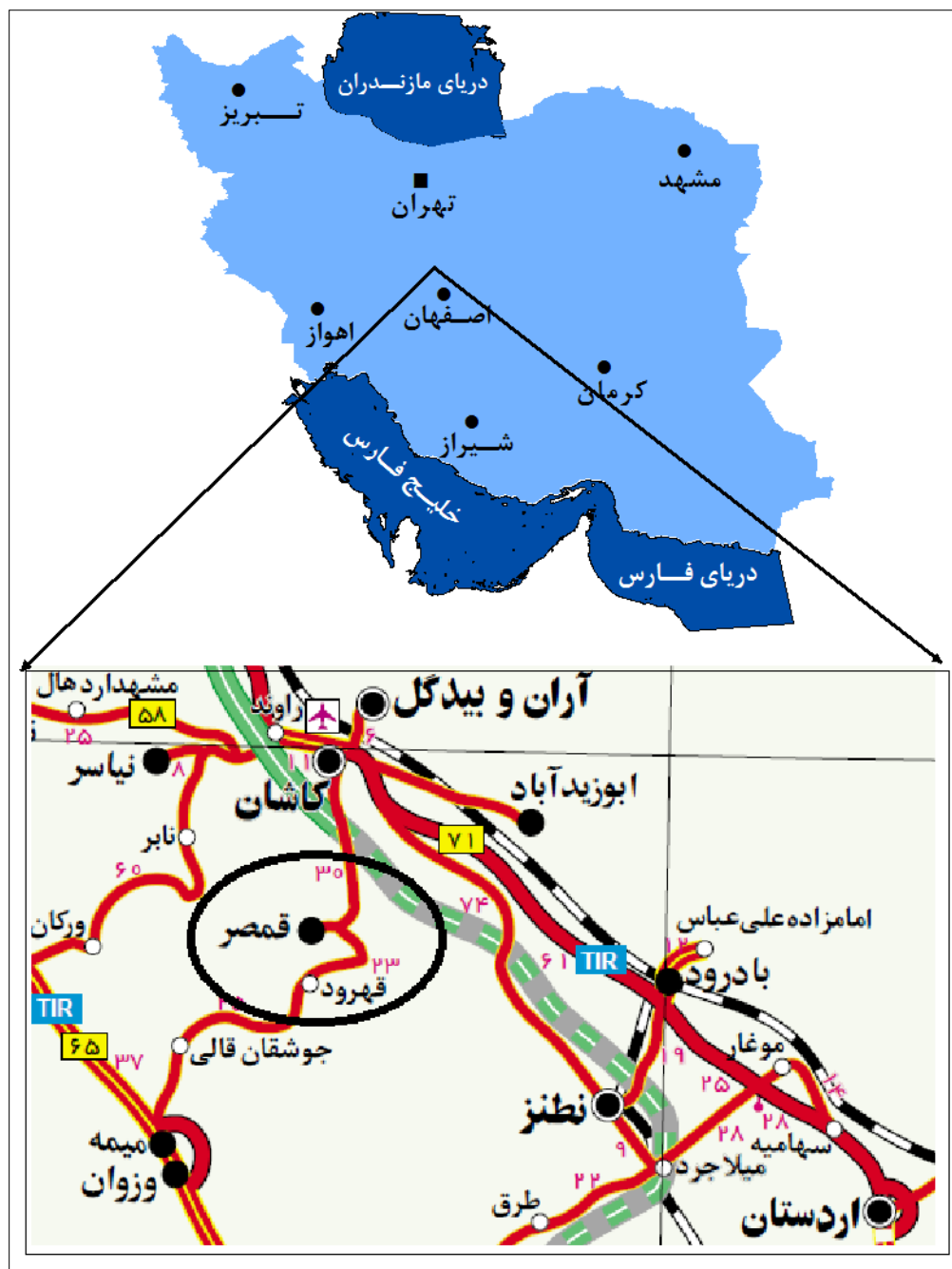
۱-۱- بیان مسئله و هدف از انجام تحقیق

سیلاب ها تنها فرآیندهای هیدرولوژیکی هستند که حجم قابل توجهی از آب را در نواحی خشک و نیمه خشک ایجاد می کنند. پارامترهای مختلفی بر روی وقوع سیل و شدت آن تأثیر گذارند که مهم ترین آن ها پارامترهای اقلیمی، زمین شناسی و ژئومورفولوژی می باشند.

در حوضه های قمصر و قهرود در جنوب کاشان سیلاب های بزرگی با دوره بازگشت حدوداً پنجاه سال رخ می دهد که خسارات فراوانی را بر جای می گذارد، لذا مطالعه سیلاب در این منطقه کمک شایانی به منابع آب این منطقه می نماید. از آنجایی که تاکنون مطالعه جامعی در خصوص برآورد کمیت و کیفیت سیلاب در این منطقه صورت نگرفته است؛ در این مطالعه سعی شده است که با بررسی وضعیت هیدرولوژیکی منطقه، کمیت و کیفیت سیلاب در منطقه مورد نظر مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شهرستان کاشان در استان اصفهان قرار گرفته است. شهر قمصر با موقعیت جغرافیایی $51^{\circ} 20'$ تا $51^{\circ} 26'$ طول شرقی و $33^{\circ} 38'$ تا $33^{\circ} 47'$ عرض شمالی و روستای قهرود با موقعیت جغرافیایی $51^{\circ} 25'$ تا $51^{\circ} 31'$ طول شرقی و $33^{\circ} 36'$ تا $33^{\circ} 46'$ عرض شمالی در دامنه های شمالی کوه های کرگز قرار گرفته اند. شکل (۱-۱) راه های دسترسی به منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱-۱- راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

۱-۳- آب و هوای منطقه

به منظور بررسی آب و هوای منطقه از آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی بنرود، قهرود، حسین‌آباد، قمصر و ایستگاه‌های مجاور (برزک، نیاسر، علوی و زنجانبر) استفاده شده است. جهت همسان‌سازی داده‌های

ایستگاه‌های باران‌سنجی، از داده‌های ۱۰ ساله بارندگی (سال آبی ۸۱-۸۰ تا سال آبی ۹۲-۹۱) استفاده شده است. در جدول (۱-۱)، موقعیت جغرافیایی و ارتفاع هر کدام از ایستگاه‌ها ارائه شده است.

جدول ۱-۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های باران‌سنجی مجاور منطقه

ایستگاه	UTM (X)	UTM (Y)	ارتفاع (m)
بنرود	۵۳۸۹۹۸	۳۷۳۱۹۲۶	۲۰۰۰
قمصر	۵۴۱۴۴۶	۳۷۳۴۰۵۵	۱۹۰۰
قهرود	۵۳۷۸۳۸	۳۷۲۵۶۶۴	۲۴۰۰
حسین‌آباد	۵۴۶۲۴۶	۳۷۳۸۱۴۱	۱۵۰۰
برزک	۵۲۰۸۷۴	۳۷۳۷۵۷۱	۲۰۵۰
نیاسر	۵۱۳۲۹۳	۳۷۵۸۹۸۲	۱۹۵۰
علوی	۵۰۶۸۴۵	۳۷۶۷۰۴۰	۱۷۰۰
زنجانبر	۵۵۱۱۱۱	۳۷۳۰۶۴۵	۱۸۰۰

همان‌طور که در جدول (۱-۱) مشاهده می‌شود، ارتفاعات ایستگاه‌های قهرود، برزک و بنرود به ترتیب بیشترین ارتفاعات را دارند. میانگین دمای سالانه قهرود نسبت به سایر مناطق کمتر بوده که می‌تواند به دلیل ارتفاع زیاد منطقه باشد. میزان متوسط بارندگی سالانه ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در جدول (۲-۱) ملاحظه می‌شود.

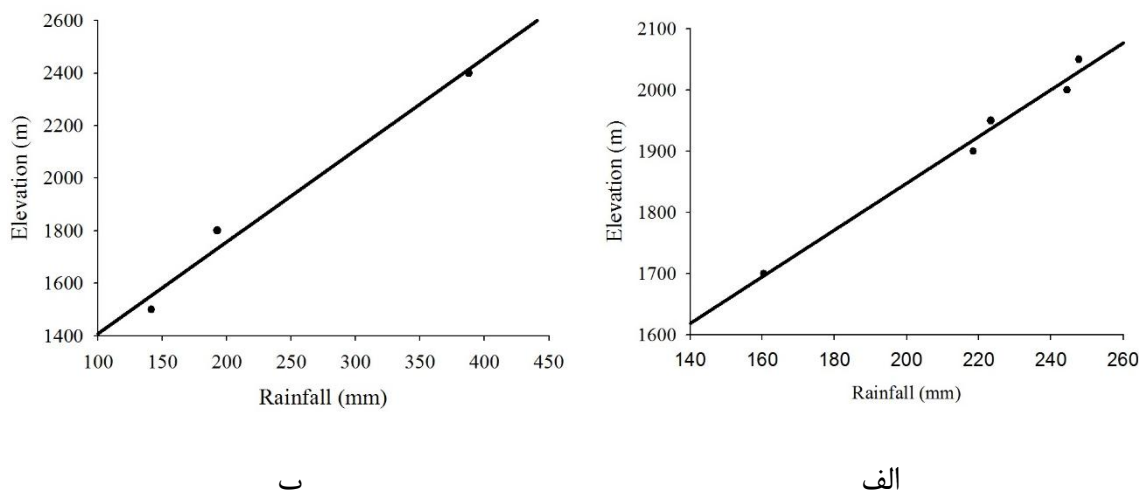
جدول ۱-۲- مقدار بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مجاور آن

نام ایستگاه								سال آماری
بنرود	قمصر	قهرود	حسین آباد	برزک	نیاسر	علوی	زنجانبر	
۲۶۳/۷	۲۶۶	۳۸۵	۲۰۳	۲۸۹	۲۷۷	۱۸۸	۲۴۸	۸۰-۸۱
۲۴۸/۵	۲۵۴	۶۵۱	۱۵۱	۲۳۸	۲۶۶	۲۶۰	۲۳۸	۸۲-۸۱
۲۳۶/۵	۲۶۴	۶۸۰	۱۷۶	۲۷۲	۲۲۲	۱۷۶	۲۲۷	۸۳-۸۲
۱۹۰	۲۳۰	۶۲۴	۱۳۳	۲۱۵	۱۹۶	۱۳۰	۱۹۳	۸۴-۸۳
۲۸۳	۱۸۹	۲۹۲	۸۰	۲۵۱	۱۹۴	۱۳۵	۱۸۸	۸۵-۸۴
۳۹۹	۲۹۴	۳۷۹	۲۴۰	۴۳۳	۳۹۶	۲۳۵	۲۹۶	۸۶-۸۵
۹۸	۹۶	۱۱۷	۷۶	۱۳۴	۹۵	۱۰۵	۸۲	۸۷-۸۶
۳۳۴	۲۴۶	۳۳۱	۱۵۳	۳۱۲	۲۸۸	۱۹۵	۲۱۹	۸۸-۸۷
۲۳۸	۱۸۹	۲۹۶	۹۴	۱۹۶	۱۶۶	۱۰۱	۱۵۲	۸۹-۸۸
۱۷۱	۱۶۲	۲۱۶	۱۲۷	۱۵۵	۲۰۰	۱۱۷	۱۴۱	۹۰-۸۹
۲۳۱	۲۰۲	۲۹۷	۱۲۶	۲۱۵	۱۹۸	۱۳۶	۲۱۰	۹۱-۹۰
۲۳۹	۲۲۴	۲۲۴	۱۳۴/۵	۲۵۹/۵	۱۴۳/۷	۱۱۵	۹۳	۹۲-۹۱
۲۴۴/۴۳	۲۱۸/۴۷	۳۷۸/۷۹	۱۴۱/۴۰	۲۴۷/۷۴	۲۲۳/۳۵	۱۶۰/۴۰	۱۹۲/۵۸	میانگین سالانه

همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان بارندگی مربوط به ایستگاه قهرود و کمترین میزان بارندگی مربوط به ایستگاه حسین‌آباد می‌باشد.

مقدار متوسط بارندگی سالانه (دوره آماری ۱۰ ساله) برای ایستگاه‌های مذکور برابر است با ۲۴۴/۴۳.

۲۱۸/۴۷، ۳۷۸/۷۹، ۱۴۱/۴۰، ۲۴۷/۷۴، ۲۲۵/۳۵، ۱۶۰/۴۰ و ۱۹۲/۵۸ به ترتیب برای ایستگاه‌های بنرود، قمصر، قهرود، حسین‌آباد، برزک، نیاسر، علوی و زنجانبر است. با توجه به نمودار ارتفاع- بارندگی ایستگاه قهرود با ارتفاع ۲۴۰۰ متر بیشترین میزان بارندگی را به خود اختصاص داده است (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱- نمودار ارتفاع- بارندگی منطقه مورد مطالعه (الف) حوضه قمصر، (ب) حوضه قهرود

به منظور بررسی تغییرات ماهانه بارندگی منطقه مورد مطالعه از آمار بارندگی ماهانه در دوره ۱۰ ساله آماری نیز استفاده شده است (جدول ۳-۱). بر این اساس برای ایستگاه بنرود، متوسط بارندگی ماهانه بین ۰/۸ تا ۶۰/۴ میلی‌متر در سال متغیر است که به ترتیب مربوط به ماه‌های مهر و فروردین است. متوسط بارندگی ماهانه ایستگاه حسین‌آباد از ۰/۷ تا ۴۸ میلی‌متر در سال متغیر است که مشابه ماه‌های ایستگاه بنرود می‌باشد. میزان تغییرات متوسط بارندگی ماهانه ایستگاه برزک بین ۱/۸ تا ۵۲/۶، ایستگاه قمصر ۰/۵ تا ۵۹/۶، ایستگاه زنجانبر ۰/۸ تا ۵۹/۸، ایستگاه قهرود ۱/۸ تا ۱۰۱/۶، ایستگاه نیاسر صفر تا ۵۸/۹ و در نهایت ایستگاه علوی صفر تا ۴۵/۱ میلی‌متر در سال می‌باشد که به ترتیب مربوط به ماه‌های مرداد و فروردین است. در بین ایستگاه‌های فوق بیشترین میزان بارندگی در ایستگاه قهرود می‌باشد که با تغییرات بارندگی سالانه ایستگاه‌ها هم‌خوانی دارد.

جدول ۱-۳- میانگین بارندگی ماهانه (بر حسب میلی‌متر) در ایستگاه‌های مجاور منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه								زمان
بنرود	قمصر	قهرود	حسین آباد	زنجانبر	برزک	علوی	نیاسر	
۶۰۴	۵۹۶/۷	۱۰۱۶/۵	۴۸۰/۵	۵۹۸/۵	۵۲۶	۵۸۹	۴۵۱/۲	فروردین
۲۹۳	۲۳۷	۵۳۷	۱۵۶/۸	۲۲۶	۳۲۱/۵	۲۲۰	۱۳۹	اردیبهشت
۸۴	۵۷	۹۱	۲۸	۸۵/۵	۸۳/۵	۵۷/۵	۴۱/۵	خرداد
۹۱	۴۸	۱۰۷	۱۶	۷۵/۵	۷۷/۵	۴۰/۵	۲۹	تیر
۲۵	۵	۱۸	۲۰	۸	۱۸	۰	۰	مرداد
۲۱	۹	۳۴	۷	۹/۵	۱۸	۲۲	۱۲	شهریور
۸/۵	۶/۵	۲۳	۷	۲	۱۸	۵/۵	۳/۵	مهر
۳۱۰	۲۸۹	۵۴۹	۱۵۹	۲۰۷	۲۷۷	۲۷۳/۸	۱۷۶/۶	آبان
۳۲۳	۳۳۹	۵۴۱	۲۰۷/۵	۳۰۶	۲۶۵/۳	۴۲۲/۴	۲۵۸/۱	آذر
۳۵۸	۳۲۰	۴۹۹	۲۱۲/۵	۲۸۴	۲۶۶/۳	۳۱۰/۲	۲۶۱	دی
۳۳۲	۲۳۶	۴۳۰	۱۱۷/۵	۲۰۸	۳۳۲/۶	۳۲۷/۲	۱۹۳/۵	بهمن
۲۴۱	۲۳۶/۲	۴۴۲	۱۶۲/۵	۱۸۵	۲۲۰/۷	۲۳۴/۲	۲۱۶	اسفند

به منظور تعیین اقلیم منطقه از روش دمارتن (De Martonne) استفاده شده است. دمارتن جهت تعیین اقلیم منطقه معادله زیر را ارائه نموده است (علیزاده، ۱۳۸۷).

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad \text{معادله ۱-۱}$$

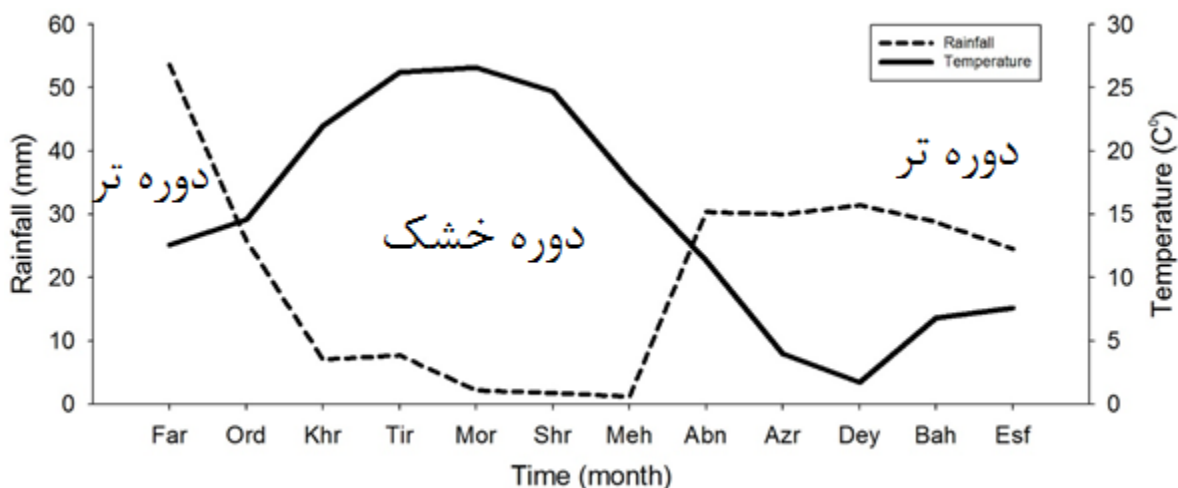
که در آن I ضریب خشکی دمارتن، P متوسط بارندگی سالانه (mm) و T متوسط دمای سالانه ($^{\circ}\text{C}$) می‌باشد. بر اساس این نوع طبقه‌بندی شش نوع آب و هوا وجود دارد که در جدول (۱-۴) ارائه شده است.

جدول ۴-۱- طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس معادله دمارتن (نقل از علیزاده ۱۳۸۷)

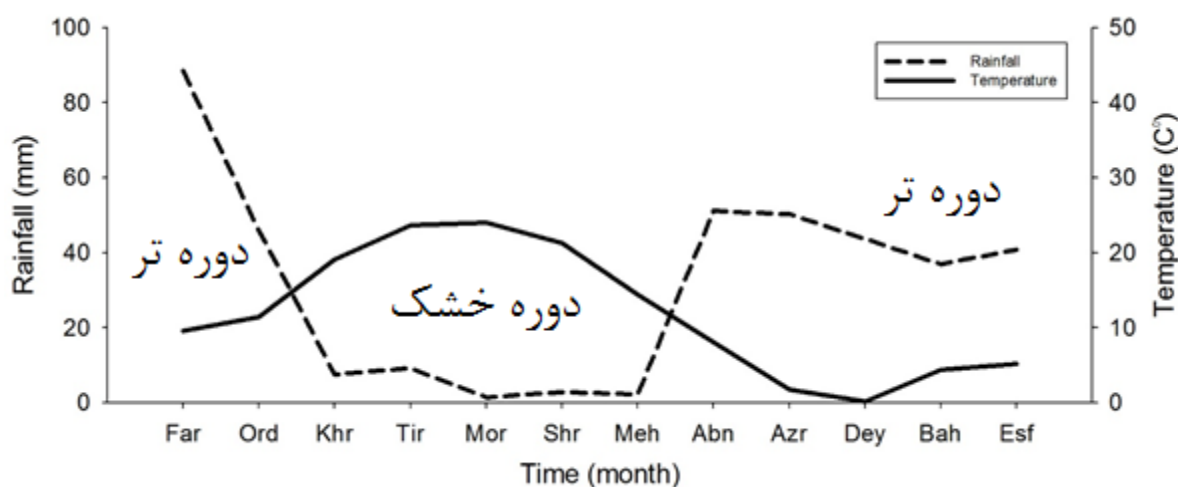
نام اقلیم	محدوده شاخص خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچک‌تر از ۱۰
نیمه‌خشک	۱۰ تا ۱۸/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگ‌تر از ۳۵

مقادیر ضریب خشکی (I) برای حوضه‌های قهرود و قمصر با استفاده از معادله (۱-۱) محاسبه شده است؛ که به ترتیب برابر ۸/۰۹ و ۸/۳۹ بدست آمده است. بر اساس ضرایب خشکی بدست آمده برای حوضه‌های قمصر و قهرود، اقلیم این دو حوضه از نوع خشک تعیین شده است.

نمودار آمبروترمیک، تغییرات ماهانه دمای هوا نسبت به تغییرات ماهانه بارندگی را در طول سال مورد مقایسه قرار می‌دهد. نمودار آمبروترمیک قمصر و قهرود به ترتیب در (شکل‌های ۳-۱ و ۴-۱) نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود؛ در قمصر بین ماه‌های اردیبهشت تا مهر دما بر بارندگی فزونی دارد. در قهرود در ماه‌های خرداد تا مهر فزونی دما بر بارندگی مشاهده می‌شود. لذا این دوره را برای مناطق خشک می‌توان دوره خشکی به حساب آورد.



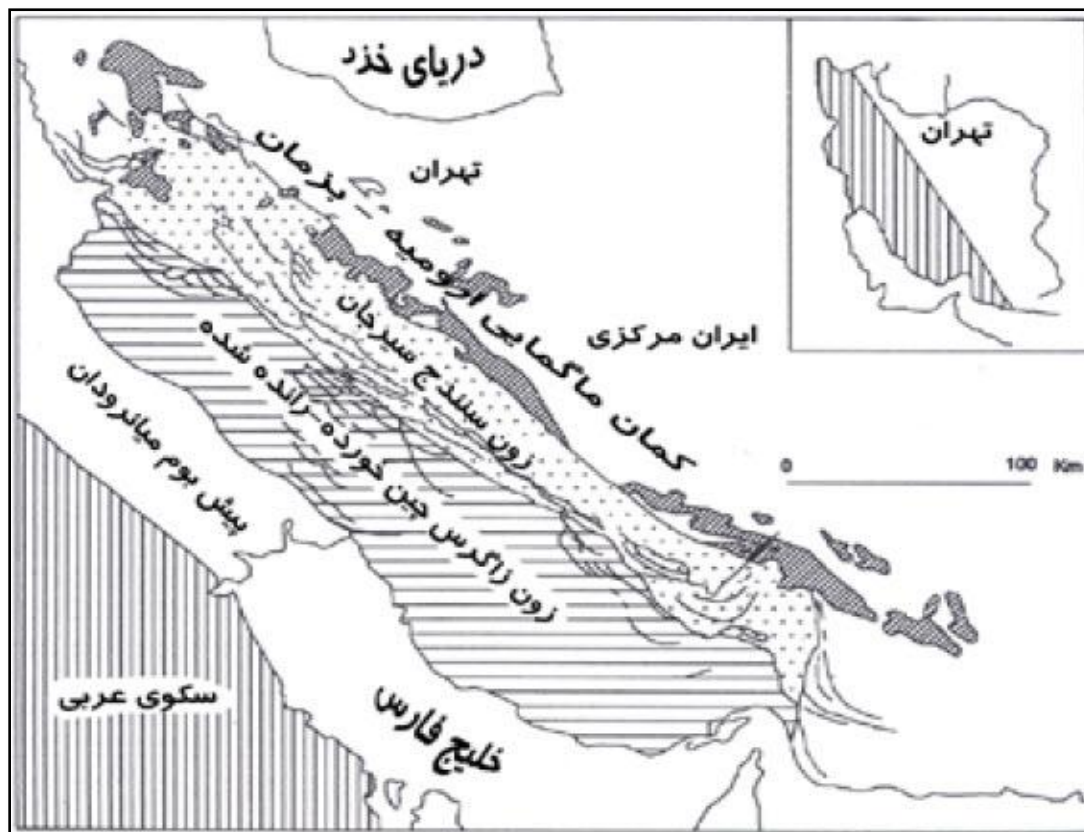
شکل ۱-۳- نمودار آمبروترمیک قمصر



شکل ۱-۴- نمودار آمبروترمیک قهرود

۴-۱- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

با توجه به عوامل مختلف از جمله نوع پوسته (قاره‌ای یا اقیانوسی)، شرایط حاکم بر حوضه‌های رسوبی گذشته، رخساره‌های متفاوت و تحولات زمین‌ساختی، ماگماتیسم و دگرگونی، ایران به پهنه‌های مختلف رسوبی-ساختاری تقسیم شده است (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵- زون زمین‌شناسی - ساختاری در پهنه نقشه ایران از نگاه مهجلی و سهندی (۱۳۷۸)

۱-۴-۱ - چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

مهم‌ترین واحدهای سنگی که در منطقه رخنمون دارند از قدیم به جدید شامل واحدهای آهکی سیلورین-دونین، تریاس، واحدهای ماسه‌سنگی، آهکی، کنگلومرای کرتاسه، واحدهای آذرآواری ائوسن، واحدهای کنگلومرای، آهکی، دیوریتی و گرانودیوریتی الیگومیوسن و واحدهای عهد حاضر می‌باشد (شکل ۱-۶). خصوصیات چینه‌نگاری این واحدها به شرح زیر است (گزارش کار مهندسین مشاور اداره امور آب شهرستان کاشان):

الف - واحد سیلورین - دونین

قدیمی‌ترین رخنمون ماسه‌سنگی - دولومیتی در جنوب شرق قمصر رخنمون دارد. این واحد متشکل از

ماسه سنگ قرمز و خاکستری و با قاعده دولومیت همراه با سنگ‌های آتشفشانی می‌باشد (شرح نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ کاشان). سنگ‌های آهکی و آهکی-دولومیتی محدوده قمصر متعلق به دونین فوقانی با عنوان سازند بهرام مطرح می‌شود. این سازند در جنوب شرقی قمصر به صورت هم‌شیب روی سنگ‌های سیلورین پوشیده شده است.

ب- واحد پرمین

سازند جمال

سازند آهکی جمال توسط اشتوکلین و همکاران (۱۹۶۵) در بخش جنوبی کوه جمال در جنوب طبس معرفی شده است. مرز زیرین سازند جمال به سازند سردر است و با ناپیوستگی هم‌شیب با سازند سرخ‌شیل در بالا پوشیده شده است. در برش الگوی سازند جمال یک عضو ماسه‌سنگی در زیر، یک عضو سنگ‌آهک مرجانی در وسط و یک عضو دولومیتی در بالا دارد.

ج- واحد تریاس

اصولاً رسوبات تریاس از دو رخساره تبخیری و دریایی یا آهکی تشکیل شده‌اند. در ایران مرکزی، رخساره آهکی غلبه دارد. قدیمی‌ترین سنگ‌های دوره تریاس در محدوده کاشان با سازند شتری آغاز شده و به صورت دولومیت زرد رنگ شناسایی شده است. بعد از تشکیل دولومیت‌های سازند شتری، این محدوده برای مدتی احتمالاً بر اثر حرکات سیمین‌پیشین از آب خارج و دچار فرسودگی شده است. در پایان تریاس میانی به تدریج پیشروی دریا آغاز شده و شرایط برای رسوب‌گذاری مجدد در تریاس بالایی فراهم شده است. این سنگ‌ها در ایران تحت عنوان سازند نایبند شناسایی شده‌اند. سازند نایبند کهن‌ترین واحد سنگ‌چینه‌ای گروه شمشک ایران مرکزی است؛ که برای نخستین بار در ناحیه نایبند توسط داگلاس (۱۹۲۹) شناسایی شده است. رسوبات مزبور شامل یک دسته سنگ‌های شیلی تخریبی و ماسه‌سنگ با فسیل‌هایی از مرجان‌ها، بازوپایان و نرم‌تنان هستند.

د- واحد کرتاسه

به نظر می‌رسد حرکات سیمین پایانی سبب بالا آمدن زمین محدوده کاشان شده است. در کرتاسه زیرین با پیشروی دریا به تدریج رسوبات نیمه عمیق تا عمیق و عمدتاً آهکی به وجود آمده است؛ که در حال حاضر به طور پراکنده در شکل ناهمواری ها، به ویژه در اطراف جهق، قهرود، برزک و کامو نقش دارند. پیشروی دریای کرتاسه زیرین اکثر نواحی ایران و از جمله محدوده کاشان را پوشانده و رسوب های ماسه سنگی و کنگلومرایی و سپس شیل، مارن با میان لایه هایی از آهک اوریتولین دار تشکیل داده اند. این سنگ ها در محدوده کاشان گاهی بر روی تریاس و زمانی به سطح ژوراسیک گسترش یافته اند.

ه- واحد ائوسن

جدیدترین سنگ های ائوسن میانی ظاهراً فقط در کوهستان های غربی کاشان دیده شده اند. این سنگ ها شامل گدازه، سنگ های آذرآواری آندزیتی و توف همراه با آهک های نومولیت دار هستند که به طور پراکنده در شمال شرقی کوه های کاشان از تتماج تا شرق دشت ازوار دیده می شود. کوه های سیاه کوه، دره قلا و کشفه در این سنگ ها شکل گرفته اند. روی هم رفته به دلیل مقاومت نسبتاً زیاد سنگ های مزبور، ارتفاعات قابل توجه و پرتگاه های مشخصی در آن ها شکل گرفته اند. از مجموعه سنگ های ائوسن فوقانی، کنگلومرا و ماسه سنگ و به ویژه گدازه های آندزیتی و بازالتی مشاهده شده اند. سهم این سنگ ها در کوهستان های غربی اندک و در کوهستان های شرقی نسبتاً قابل توجه می باشند.

از پیامدهای حرکت های کوهزایی پیرنئن که در اواخر ائوسن رخ داده است می توان به گسترش محیط های خشکی و تکاپوهای آتشفشانی که بیشتر از نوع دریایی کم عمق هستند اشاره نمود. رخنمون تکاپوی آتشفشانی ائوسن را می توان در بخش های شرقی و غربی قمصر مشاهده نمود که بیشتر از گدازه های آذرآواری آندزیتی می باشند.

و- واحد الیگومیوسن

در پایان ائوسن، حرکات زمین ساختی پیرنه ای تغییرات قابل توجهی در این قلمرو به وجود آورد و مجموعه

سنگ‌های قدیمی‌تر را تحت تأثیر قرار داد. به دنبال این حرکات، بخش مرکزی کوهستان‌های غربی کاشان از آب خارج شد و در دو سوی آن حوضه‌های رسوبی کم عمقی به وجود آمد. در این حوضه‌ها رسوبات تخریبی در حال تشکیل بود و فعالیت‌های آتشفشانی نیز به صورت متناوب صورت می‌گرفت. برحسب ویژگی سنگ‌ها و تغییرات عمق دریاها، مجموعه سنگ‌های اولیگومیوسن را به سه سازند متفاوت تقسیم کرده‌اند که به ترتیب قدمت شامل سازندهای قرمز زیرین، سازند قم و سازندهای قرمز بالایی است.

سازند قرمز زیرین

رسوبات آوارای و فرسایش یافته پس از نهشته شدن در شرایط اکسیدی محیط‌های رسوبی آبرفتی، دشت سیلابی و یا دریاچه‌های مناطق گرمسیری نهشته‌های سازند قرمز زیرین را به وجود آوردند. از نگاه سنگ‌شناسی سازند قرمز زیرین شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ، ژئپس، سنگ‌نمک، گدازه، سیلت و رس می‌باشد.

واحد آهکی OM¹¹

در بخش‌های غربی ایران مرکزی واحد آهکی به دنبال فاز کوهزایی پیرنه می‌باشد. این واحد آهکی با قاعده کنگلومرای در شمال قمصر رخنمون دارد.

سازند قم

سازند قم در قهرود شامل سنگ‌آهک‌های نازک، متوسط تا ضخیم لایه و توده‌ای بوده که با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سنگ‌های ولکانیکی ائوسن قرار گرفته و در انتها توسط آبرفت پوشیده شده است. رخساره سازند قم در منطقه مورد مطالعه تماماً سنگ آهکی و شامل مادستون، وکستون، پکستون، گرینستون و باندستون می‌باشد (دهقان و صفری ۱۳۹۰).

توده‌های نفوذی الیگوسن - میوسن

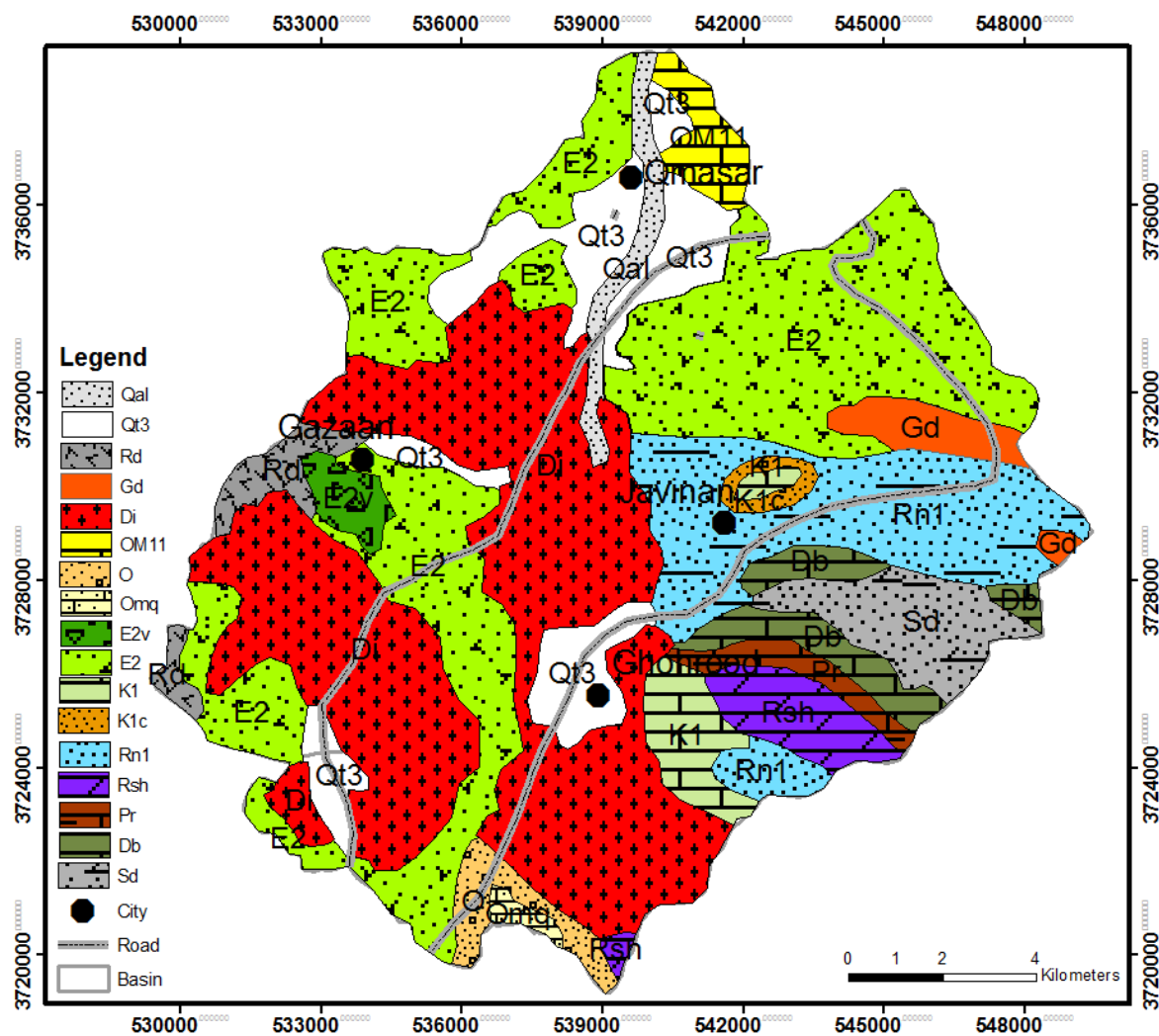
خامسی‌پور و همکاران (۱۳۸۸) توده‌های نفوذی منطقه را با سن الیگومیوسن می‌دانند که ماگمای سازنده

آن حاصل فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی می‌باشد. پیکره اصلی توده‌های نفوذی منطقه شامل دیوریت تا کوارتز مونزودیوریت و بیشتر از نوع عمیق تا نیمه عمیق می‌باشد. رخنمون توده‌های نفوذی در جنوب قمصر بالغ بر ۶۵ کیلومتر مربع می‌باشد (اسداللهی ۱۳۸۲).

ی - واحدهای کواترنری

نهشته‌های کواترنری شامل آبرفت‌های جوان و واریزه‌ها هستند که در دامنه‌ها و دشت‌های اطراف مشاهده می‌شوند. درشتی دانه‌های این نهشته‌ها با دور شدن از ارتفاعات کاهش می‌یابد. رخنمون رسوبات آبرفتی در منطقه بیشتر شامل تراس‌های جوان و بلند و رسوبات رودخانه‌ای عهد حاضر می‌باشد.

توضیح مختصر هر یک از واحدهای سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه در جدول (۱-۵) آورده شده است (نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ کاشان).



شکل ۱-۶- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ کاشان)

جدول ۵-۱- توضیح مختصر واحدهای سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه

توضیح	سنگ‌شناسی	دوره	دوران
رسوبات رودخانه‌ای	Qal	کواترنری	سنوزوئیک
تراس‌های جوان و کوتاه	Qt ³		
سنگ‌های آتشفشانی، داسیتی و ریوداسیتی	Dr	الیگوسن-میوسن	
گرانودیوریت	Gd		
دیوریت	Di		
مارن، آهک، مارن ماسه‌ای و ماسه‌سنگ	Omq	میوسن-پلیوسن	
آهک	Om ¹¹	الیگوسن-میوسن	
کنگلومرا، ماسه‌سنگ و مارن قرمز همراه با اداخل‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی، آندزیتی	O	ائوسن	
گدازه و سنگ‌های آذرآورای آندزیتی	E ₂		
گدازه و توف با ترکیب شیمیایی متوسط همراه با آهک نومولیت‌دار	E ₂ ^v		
ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمز	K ₁ ^c	کرتاسه	مزوزوئیک
سنگ‌های متعلق به آبسن- آلبین که عمدتاً آهک هستند.	K ₁		
شیل، ماسه‌سنگ و آهک حاوی آمونیت	Rn ₁	تریاس	
دولومیت زرد (سازند شتری)	Rsh		
دولومیت و آهک دولومیتی (سازند جمال)	Pr	پرمین	پالئوزوئیک
آهک و آهک دولومیتی (سازند بهرام)	Db	دونین	
ماسه‌سنگ‌های قرمز و خاکستری، دولومیت با سنگ‌های آتشفشانی در قاعده (سیلورین- دونین)	Sd	سیلورین	

۱-۴-۲- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه

منطقه مورد مطالعه در زون ایران مرکزی و بر روی نوار ماگمایی ارومیه- بزمان قرار دارد و از لحاظ ساختاری تابع خصوصیات این زون است. روند کلی کمان ماگمایی ارومیه- بزمان شمال غرب- جنوب شرق و موازی با امتداد زاگرس می‌باشد. از مهم‌ترین رویدادهای زمین‌ساختی منطقه می‌توان به رخداد پیرنه اشاره نمود که باعث جنبش‌های زمین‌ساختی فشارشی بزرگی در ایران مرکزی شده است. از مهم‌ترین گسل‌های تأثیرگذار در منطقه می‌توان به گسل قم- زفره با مؤلفه امتدادلغز راستگرد با روند کلی شمال غرب- جنوب شرق اشاره نمود. وجود چشمه‌های آب گرم و تراورتن، زون‌های هیدروترمال و دگرسان از شواهد فعالیت‌های تکتونیکی و جوان گسل قم- زفره به حساب می‌آیند. وجود چشمه آبگرم آبساله در قمصر نیز شاهی بر این ادعا می‌باشد. درجه فعالیت تکتونیکی گسل قم- زفره در قهرود و قمصر در یک رده می‌باشد (الماسیان و همکاران ۱۳۹۰). گسل‌هایی مانند گسل مازگان، قهرود، جهق بالا و تتماج از جمله گسل‌های مهم موجود در منطقه می‌باشند.

۱-۵- ژئومورفولوژی منطقه

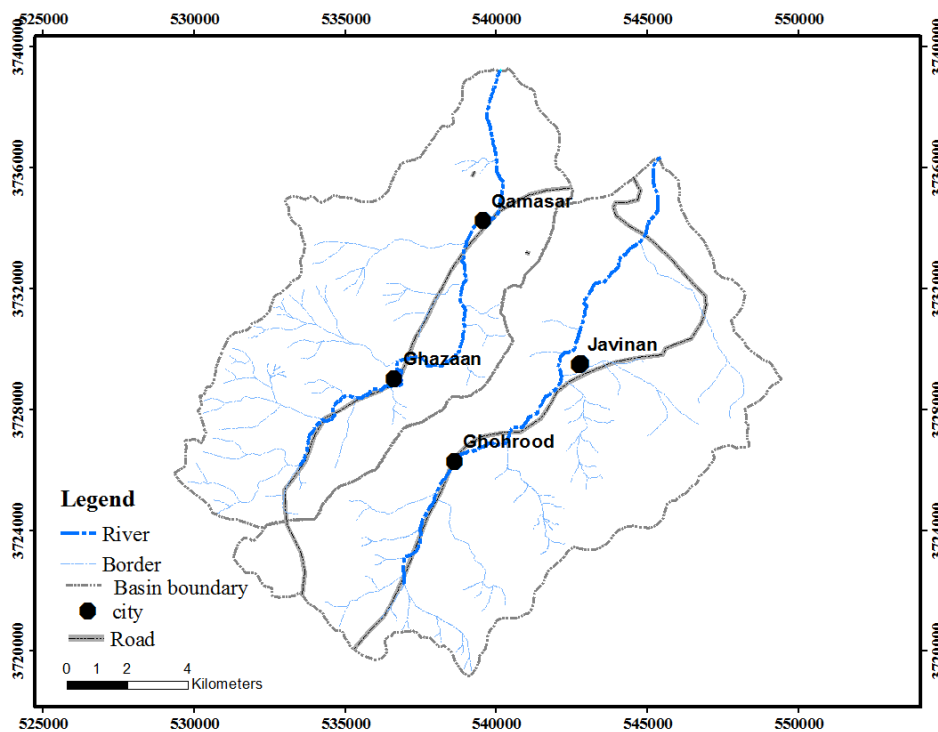
بر اساس تقسیم‌بندی‌های ژئومورفولوژیکی، مناطق با اختلاف ارتفاع بیش از ۵۰۰ متر به عنوان تیپ کوهستان، مناطق با اختلاف ارتفاع بین ۵۰ تا ۵۰۰ متر به عنوان تیپ تپه و ماهور و مناطق با اختلاف ارتفاع کمتر از ۵۰ متر به عنوان تیپ دشت شناخته می‌شوند. در مناطق با تیپ کوهستان معمولاً شیب بیشتر از ۲۵ درصد، در مناطق با تیپ تپه و ماهور معمولاً شیب بیشتر از هشت درصد و در دشت‌ها شیب کمتر از هشت درصد است. با توجه به مطالب بیان شده، در مرزهای شرقی و غربی حوضه‌های مورد مطالعه واحد کوهستان و در داخل حوضه‌ها واحد تپه ماهور قرار گرفته است. لازم به ذکر است که به غیر از مناطق بسیار محدودی در اطراف نواحی شهری واحد دشت در اطراف این حوضه‌ها مشاهده نمی‌شود (شکل ۱-۷).



شکل ۱-۷- تصویر سه بعدی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از Google Earth)

۱-۶- هیدرولوژی منطقه

از مهم‌ترین رودخانه‌های دائمی منطقه مورد مطالعه می‌توان به رودخانه قمصر در حوضه قمصر و رودخانه آبشاه (رودخانه قهرود) در حوضه قهرود اشاره نمود. سرچشمه اصلی رودخانه قمصر از ارتفاعات قزآن در جنوب قمصر شروع شده و پس از عبور از روستای قزآن به قمصر می‌رسد. این رودخانه پس از عبور از شهر قمصر و دشت حد فاصل قمصر و کاشان با طول تقریبی ۴۵ کیلومتر به رودخانه گازارگاه می‌پیوندد. از آب این رودخانه جهت مصارف کشاورزی دشت لحر استفاده می‌گردد. رودخانه آبشاه که به رودخانه قهرود معروف می‌باشد از ارتفاعات قهرود سرچشمه می‌گیرد. دبی این رودخانه در طی مسیر با افزودن شدن دبی چشمه‌های اطراف زیاد شده و پس از عبور از روستای جوینان و مسلم‌آباد با طول ۶۰ کیلومتر به سمت کاشان جریان می‌یابد؛ نهایتاً آب این رودخانه برای آبیاری زمین‌های کشاورزی دشت صفی‌آباد کاشان استفاده می‌شود (شکل ۱-۸).



شکل ۸-۱- آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه

یکی از عوامل تأثیرگذار بر سیلاب ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه می‌باشد. در حوضه‌های قمصر و قهرود پس از ترسیم آبراهه‌ها ضریب انشعاب آبراهه‌ای، فاکتور شکل حوضه و زمان تمرکز محاسبه شد (جدول ۶-۱).

جدول ۶-۱- پارامترهای اندازه‌گیری شده حوضه‌های مورد مطالعه

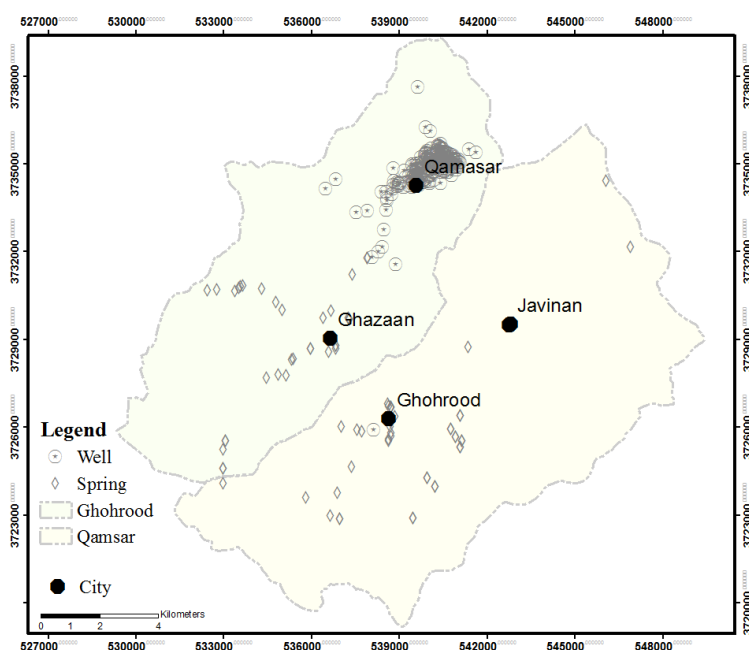
نام حوضه		پارامتر اندازه‌گیری شده
قهرود	قمصر	
۴/۲۲	۴/۲۲	ضریب انشعاب آبراهه‌ای
۰/۲۰	۰/۲۷	فاکتور شکل حوضه
۲/۰۶	۱/۹۸	زمان تمرکز

بر اساس مقادیر ضریب انشعاب آبراهه‌ای هر چه مقدار محاسبه شده به عدد یک نزدیک‌تر باشد، حوضه

گرد و با کوچک شدن مقدار آن حوضه کشیده تر می شود. همچنین بر اساس فاکتور شکل حوضه هر چه مقدار آن بزرگ تر باشد حوضه کشیده تر می باشد. نتایج محاسبات فوق نشان می دهد که حوضه قمصر و قهرود کشیده و پتانسیل سیل خیزی آن ها نسبت به حوضه های گرد کمتر می باشد.

۷-۱- هیدروژئولوژی منطقه

بخش اعظم منطقه مورد مطالعه شامل سنگ های آذرین و دگرگونی می باشد که به لحاظ هیدروژئولوژیکی تقریباً غیرقابل نفوذ هستند. البته بر روی این سنگ های غیرقابل نفوذ نهشته های غیرپیوسته (Unconsolidated material) از مواد ریز و درشت (به ویژه واریزه ها) قرار گرفته است که در بعضی از مناطق ضخامت قابل توجهی را شامل می شوند. نهشته های غیرپیوسته محل تشکیل آبخوان های بسیار محدود ولی متعددی هستند و سرچشمه آب چشمه ها و متعاقباً چاه های منطقه می شوند (شکل ۹-۱). تصویر پراکندگی چاه، چشمه و قنات های حوضه را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود بیشترین تعداد چاه ها در حوضه قمصر و تعداد اندکی چاه در حوضه قهرود وجود دارد.



شکل ۹-۱: موقعیت چاه ها و چشمه های منطقه مورد مطالعه

۸-۱- تاریخچه سیلاب در منطقه مورد مطالعه

هجوم سیلاب و طغیان رودخانه‌ها و مسیل‌ها همیشه در طول تاریخ یکی از مشکلات عمده کشور ما و به ویژه در شهرستان کاشان محسوب می‌گردد. بر طبق شواهد موجود قدیمی‌ترین سیل در سال ۱۲۷۵ هجری شمسی به وقوع پیوسته که بیشترین خسارت را در زیر حوضه قهرود، جوشقان‌قالی و کامو داشته است. بدترین و تلخ‌ترین خاطره‌ای که در ذهن مردم از سیل باقی مانده است مربوط به سیل سال ۱۳۳۵ هجری شمسی می‌باشد. سیلاب مذکور که در اثر بارندگی روز ۳۰ تیر ماه به وقوع پیوست و سبب کشته شدن حدود ۳۵۰ نفر از شهروندان کاشانی و بروز خسارات مالی در روستاهای برزک، قهرود و قمصر گردید (گزارش جامع سیلاب اداره امور آب شهرستان کاشان ۱۳۹۲). می‌توان بعد از سیل سال ۱۳۳۶ به سیل سال ۱۳۸۶ قمصر و قهرود اشاره نمود که خسارات مالی و جانی زیادی را به همراه داشت (شکل ۱-۱۰). از عوامل عمده وقوع سیل سال ۱۳۸۶ می‌توان به تجاوز انسان به حریم بستر رودخانه و بارندگی شدید و طولانی چند روزه اشاره نمود. در جدول (۱-۷) خسارات ناشی از وقوع سیلاب در طی سال‌های ۱۳۳۶ تا ۱۳۹۱ در منطقه کاشان آورده شده است. دبی اوج سیلاب قمصر و قهرود بر طبق گزارش امور آب شهرستان کاشان به ترتیب برابر با ۱۸۰ و ۲۲۰ مترمکعب بر ثانیه برآورد شده است.



شکل ۱-۱- خسارت جانی و مالی وارده در اثر سیل سال ۱۳۸۶ در قمصر و قهرود

جدول ۱-۷- خسارات ناشی از وقوع سیل در منطقه کاشان (برگرفته از گزارش اداره امور آب کاشان)

تاریخ وقوع	تخریب خانه	کشته (نفر)	تعداد دام (رأس)	تعداد قنات	تعداد پل (دستگاه)	مزرعه (هکتار)	خسارت مالی (میلیون ریال)
۱۳۳۵/۰۴/۳۰	-	۳۵۰	-	-	-	-	نامشخص
۱۳۳۶/۰۸/۱۹	۱۳۰	۱۰	-	۲	۳	۱۵	نامشخص
۱۳۳۷/۰۳/۲۸	۲۸۰	۱۰	-	-	-	۲۰	نامشخص
۱۳۴۲/۰۱/۱۵	-	۱۰۰	-	-	-	-	نامشخص
۱۳۶۵/۰۲/۲۰	۱۰۰	۴	-	۱۴	-	-	نامشخص
۱۳۶۶/۰۵/۱۷	۲۲	۳	۲	۴	۸	۱۰	نامشخص
۱۳۸۱/۰۱/۱۵	۱۰	-	-	۱۵	۷	-	نامشخص
۱۳۸۶/۰۴/۰۶	۲۰۰	۱۶	۱۴۹۰	۱۴۱	۴۰	۱۷۹۱	۵۰۰۰۰۰
۱۳۸۸/۰۱/۱۱	۲۰	-	۴۵۰	۶	۱۴	۳۰۲۱	۷۷۱۵۶
۱۳۹۱/۰۱/۲۷	۲	-	-	۲	۶	۵۰	۶۰۰۰

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده درباره

ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

۲-۱- عوامل تأثیرگذار بر وقوع سیلاب

هنگام بارندگی بخشی از آن به داخل زمین نفوذ کرده و بخش اضافی در شبکه رودخانه‌های موجود در حوضه به حرکت درآمده و افزایش سطح آب را شامل می‌شود. افزایش بیش از حد جریان آب در رودخانه سیل نامیده می‌شود (Rakhecha and Singh 2009). عوامل مهم بروز سیل شامل عوامل اقلیمی (بارش سنگین و طولانی مدت شدت بارش، مدت بارش و حرکت سیستم کم فشار)، توپوگرافی، پوشش گیاهی، سنگ‌شناسی، خصوصیات فیزیکی حوضه، زمان، شکست سد و پر شدن بستر رودخانه توسط رسوبات می‌باشد (Zoleta 2002 cited in Rahman and Khan 2013). وقوع سیلاب‌های بزرگ در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر وابسته به خصوصیات باران (حجم، شدت، زمان و نحوه توزیع آن) می‌باشند (Greenbaum et al. 1998 cited in Reaney et al. 2007). بنابراین، شرط اصلی ایجاد سیلاب در حوضه‌ها شدت بارش می‌باشد (Pitlick 1994 cited in Reaney et al. 2007).

نتایج مطالعات رحمان و خان (Rahman and Khan 2013) که به بررسی وقوع سیلاب در پاکستان پرداخته‌اند نشان می‌دهد که عامل اصلی وقوع سیل در پاکستان عوامل انسان‌زاد مانند شکست سد، رسوبات بستر رودخانه، قطع درختان حوضه‌های اطراف، تجاوز به حریم کانال رودخانه و فقدان طرح‌های

مدیریتی سیل و عوامل طبیعی مانند بارش سنگین و طولانی، حرکت سیستم کم فشار هوا، بارش موسمی، ذوب برف در اثر افزایش دما و تغییرات آب و هوایی می باشد.

با مطالعاتی که سیمسون و همکاران (Simpson et al. 2013) روی سیل های رخ داده در سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ رودخانه بیل ویلیام (Bill William) در جنوب آریزونا داشتند، به این نتیجه رسیدند که شباهت بسیاری بین الگوی سیل های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ وجود داشته است. هیدروگراف مدل، تنوع فصلی و سالی را در جریان پایه به دلیل تنوع فصلی در تبخیر و تعرق سواحل کناری دره ها، کاهش روند تنوع سالانه بعد از سیل های بزرگ و گرادیان هیدرولیکی در جریان پایین دست نشان می دهد. سیل های رخ داده در سال های ۱۹۹۸، ۲۰۰۱، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ کوتاه مدت و سیل ۲۰۰۹ بلند مدت و دبی افزایشی داشته اند.

۲-۱-۱- لیتولوژی

به طور کلی راهبردهای کاهش رواناب بر این پایه استوارند که با افزایش نفوذپذیری و ناهمواری سطح زمین نرخ رواناب را کاهش دهند (Morgn 2005 cited in Ekwue and Harrila 2010). افزایش مواد آلی خاک، کاهش فرسایش خاک را در پی دارد. با افزایش مواد آلی خاک، کاهش تراکم خاک، افزایش درصد ماسه و کاهش رس خاک، قدرت نفوذپذیری خاک افزایش یافته که می تواند منجر به کاهش رواناب شود (Ekwue et al. 2009 cited in Ekwue and Harrilal 2010).

عوامل مؤثر در تراوایی سنگ ها به دو دسته کلی عوامل محیطی (میزان پوشش گیاهی، شیب، دخالت های انسانی در کاربری اراضی) و عوامل مرتبط با سرشت سنگ (خصوصیات سنگ شناسی، تکتونیک منطقه و موقعیت درز و گسل ها، سن واحدهای سنگ شناسی، الگوی پراکنش چشمه ها، سنگ های در بر گیرنده اطراف سازندها) تقسیم می شوند (فیاض نیا و همکاران ۱۳۸۸).

به طور کلی با ثابت بودن سایر شرایط، در سنگ های نفوذناپذیر مانند سنگ های آذرین، دگرگونی و مارن ها بیشتر باران به رواناب تبدیل شده و این سنگ ها از سیل خیزی بیشتری برخوردار می باشند. در مقابل سنگ های آهکی و کارستیک با نفوذپذیری زیادی که دارند، باران به مقدار بیشتری نفوذ نموده،

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

رواناب کمتری تولید شده و مناطق پوشیده از این نوع سنگ‌ها سیل‌خیزی کمتری را دارا هستند (فیاض‌نیا ۱۳۸۸).

فیاض‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) در طی تحقیقات خود به بررسی تراوایی و سیل‌خیزی واحدهای سنگی در زیرحوضه دنبلید طالقان پرداخته‌اند. آن‌ها در طی مطالعات خود نشان دادند که، ۹۱/۳۷ درصد از سطح زیرحوضه به سازندهای ناتروا، ۲/۳۲ درصد از سطح حوضه به سنگ‌هایی با تراوایی متوسط و ۸/۶۳ درصد به سنگ‌های تراوا اختصاص دارد. بنابراین بخش عظیمی از حوضه (۸۱/۷ درصد) در رده سیل‌خیزی زیاد و ۰/۶۵ درصد حوضه در رده سیل‌خیزی کم قرار گرفته است.

بحرینی (۱۳۹۰) به بررسی تراوایی سازندهای چینه‌شناسی و نقش آن‌ها در سیل‌خیزی حوضه طالقان پرداخت. وی نشان داد که واحدهای سنگی کواترنری دارای بیشترین مقدار تراوایی که از نوع آهکی می‌باشند، واحدهای سنگی نئوژن دارای کمترین مقدار تراوایی و از نوع مارن و ژئپس می‌باشند و واحدهای ژوراسیک دارای تراوایی متوسط و از نوع شیل و ماسه می‌باشند. بنابراین وضعیت سیل‌خیزی حوضه شامل کم و متوسط (واحدهای سنگی کواترنری)، زیاد (سازند شمشک) و خیلی زیاد (سازند کهر) می‌باشد؛ همچنین نتایج نشان می‌دهد که بخشی از حوضه که توانایی سیل‌خیزی زیاد تا خیلی زیاد را دارا می‌باشد، بخش وسیعی از حوضه (۷۲/۷۵٪) را در بر گرفته است. نتایج مطالعات فوق نشان می‌دهد که، مناطقی که با سازندهای آهکی و کارستی پوشیده شده‌اند و از تراوایی زیادی برخوردارند، قابلیت نفوذ زیادی دارند و میزان تولید رواناب در آن‌ها کم می‌باشد. در مقابل در سازندهای آذرین و دگرگونی و مناطقی که قابلیت نفوذ کمی دارند، رواناب ایجاد شده در این مناطق زیاد می‌باشد.

۲-۱-۲ پوشش گیاهی

پوشش گیاهی باعث افزایش نفوذپذیری و کاهش رواناب، تغییر شرایط آب و هوایی و ذوب آرام برف می‌گردد (Weingartner et al. 2003). همچنین گیاهان با پراکنده کردن رواناب موجب کاهش فرسایش خاک می‌شوند (Dur'an Zuazo et al. 2006).

طی مطالعه‌ای که توسط پومئی و همکاران (Pu-mei et al. 2001) در چین صورت گرفت، به این نتیجه رسیدند که خاک‌های جنگلی تخلخل و نفوذپذیری بیشتری نسبت به خاک‌های کشاورزی و دیگر خاک‌ها دارند؛ که نقش مهمی در جاری شدن آب و کاهش خشک‌سالی دارند. همچنین آن‌ها یافتند که جنگل در طول زمان سیل با نهشته کردن مواد، دبی اوج سیلاب را کاهش می‌دهد.

مطالعات وینگاتنر و همکاران (Weingartner et al. 2003) نشان می‌دهد که عامل اصلی وقوع سیل در کوه‌های آلپ باران‌های تابستانه و افزایش جریان‌های سطحی در اثر افزایش رطوبت خاک می‌باشد. آن‌ها عامل مؤثر در جلوگیری از وقوع سیلاب را پوشش گیاهی و وسعت آن برشمردند.

نتایج مطالعات علیدوست و همکاران (۱۳۸۵) که به بررسی نقش پوشش گیاهی در جلوگیری از بروز سیلاب در حوضه چاکرود از توابع رودسر پرداخته بودند، نشان می‌دهد که؛ در اکثر مواقع آبراهه‌ها به صورت کم آب و خشک می‌باشند. در زمان بارندگی جریان آب آرام بوده و افزایش و کاهش رواناب به صورت متوالی و آرام می‌باشد. نتایج فوق با اینکه میزان بارندگی حوضه نسبت به مناطق اطراف که بدون پوشش جنگلی بوده‌اند بیشتر می‌باشد، تأیید کننده نقش پوشش گیاهی در جلوگیری از بروز سیلاب می‌باشد. نتایج مطالعات صورت گرفته حاکی از آن هستند که؛ مناطقی که از پوشش گیاهی خوبی برخوردار می‌باشند و نقشی که پوشش گیاهی در جذب آب و نفوذ دارد مانع از تولید سیلاب و رواناب می‌شود.

۲-۱-۳- اقلیم

عوامل اقلیمی مانند رژیم بارش، نوع بارش، زمان بارش، شدت بارش و جهت حرکت ابر بر وقوع سیلاب در حوضه مؤثرند. افزایش رژیم بارش (وقوع بارندگی در زمان متمرکز)، هم‌جهتی حرکت ابر و جهت شیب حوضه و نوع بارش از عوامل تأثیر گذار بر وقوع سیل می‌باشند.

طی مطالعه‌ای که در اردن توسط ابوحسین (Abu Hussien 1994) صورت گرفت، طی پنجاه سال گذشته هفت سیل بزرگ در اردن به وقوع پیوسته است که عامل اصلی وقوع آن‌ها تغییرات آب و هوایی متأثر از

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

جریان‌های دریایی دریای سرخ و در طی گذر فصل‌ها و در ماه‌های اکتبر، نوامبر، مارس و می می‌باشد.

مطالعات خالدون (Khaldoon 2011) در جنوب اردن که به بررسی وقوع سیلاب پرداخته بود نشان می‌دهد؛ که عامل وقوع سیلاب ناحیه بیشتر وابسته به تغییرات آب و هوایی و جریان‌های دریایی دریای سرخ می‌باشد. همچنین در طی سده گذشته چهار سیل بزرگ در سال‌های ۱۹۴۴، ۱۹۴۵، ۱۹۵۰، ۱۹۶۶ رخ داده که بزرگی آن‌ها به ۵۴۰ متر مکعب بر ثانیه نیز رسیده است.

مطالعات رحمان و خان (Rahman and Khan 2013) در پاکستان نشان داد که تغییرات آب و هوایی و اقلیمی بیشترین تأثیر را در وقوع سیل ۲۰۱۰ پاکستان داشته است.

مطالعاتی که توسط یولسک و همکاران (Yulsek et al. 2013) در سواحل ترکیه صورت گرفته، عامل وقوع سیلاب در این نواحی را بارش سنگین باران، بسته شدن مسیر رواناب، جا به جایی توده‌های هوا و ذوب برف در اثر افزایش دما تشخیص داده‌اند.

با توجه به مطالعاتی که به بررسی نقش اقلیم در وقوع سیلاب صورت گرفته است نوع بارش و تغییرات آب و هوایی در تولید سیلاب از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند.

۲-۱-۴ - کاربری زمین

از عوامل مهم و تشدید کننده وقوع رواناب کاربری زمین می‌باشد (Wei et al. 2007). مناطق مسکونی و صنعتی نسبت به مناطق جنگلی بیشتر در معرض سیل خیزی قرار دارند. از عوامل دیگر می‌توان به شخم زدن در جهت شیب زمین، جنگل‌زدایی و افزایش چرای بی‌رویه دام‌ها اشاره نمود.

لی و همکاران (Liu and et al. 2004) به بررسی تأثیر کاربری زمین روی حجم سیلاب در رودخانه آلتز (Alzette) فرانسه پرداخته‌اند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد؛ که حجم و دبی پیک سیلاب در زمین‌های شهری نسبت به سایر مناطق بیشتر می‌باشد؛ مقدار رواناب ایجاد شده به ترتیب در مناطق شهری، زمین‌های کشاورزی، مرتعی و جنگلی از بیشترین مقدار برخوردارند؛ همچنین آن‌ها با استفاده از مدل

Wet Spa که یک مدل هیدرولوژی می‌باشد، سه نوع کاربری زمین تشخیص دادند. زمین‌های شهری تأثیر منفی و زیاد، زمین‌های جنگلی که درختان قطع شده داشتند تأثیر منفی و زمین‌های جنگلی تأثیر مثبت در حجم و دبی اوج سیلاب داشتند.

سلیمان‌پور و همکاران (۱۳۹۲) علت اصلی افزایش روند سیلاب در حوضه آبخیز مهارلو در استان فارس را تغییرات کاربری اراضی می‌دانند. آن‌ها طی مطالعه‌ای که در حوضه آبخیز مهارلو داشتند نشان دادند که قطرات باران قبل از برخورد به زمین با گیاه برخورد کرده، انرژی جنبشی خود را از دست داده و قابلیت نفوذ آن در خاک بیشتر می‌گردد؛ بنابراین هر چه پوشش گیاهی بیشتر باشد قدرت نفوذ زیاد و سیلاب‌های کمتری رخ خواهند داد. تغییرات کاربری حوضه در طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ شامل تبدیل اراضی مرتعی (واقع در دامنه کوه) به کشت انگور و افزایش کشت دیم در دامنه کوه و شخم زمین در جهت شیب بوده که؛ عامل افزایش رواناب و به دنبال آن وقوع سیلاب در حوضه می‌باشد. افزایش جمعیت و در نتیجه آن افزایش مناطق مسکونی و گسترش شهرها در حوضه و تغییر در نفوذپذیری خاک سبب افزایش رواناب و وقوع سیلاب در حوضه مهارلو گشته است.

به طور کلی در مناطق شهری که میزان نفوذ آب به دلیل متراکم بودن لایه‌های خاک، از بین رفتن پوشش گیاهی و آسفالت‌شدن زمین نسبت به مناطق روستایی و جنگلی که قابلیت جذب بالایی از آب را دارند، میزان تولید رواناب مناطق شهری بیشتر بوده و بنابراین خطر سیلاب در این مناطق بیشتر می‌باشد.

۲-۱-۵- توپوگرافی

در دامنه کوه به دلیل عدم توسعه بافت خاک، شیب، هوازگی، فرسایش و ظرفیت نگهداشت پایین، رواناب زیادی ایجاد می‌شود؛ همچنین با افزایش شیب، تولید رواناب و جریان سطحی افزایش یافته، که به موجب آن فرسایش و رواناب در نزدیکی سطح افزایش می‌یابد (Weingartner et al. 2003). هنگامی که شیب توپوگرافی و شیب زمین‌شناسی لایه‌ها موافق هم باشند، اختلاف پرتگاه‌ها و ناهمواری‌ها زیاد باشد و

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

نهشته‌های منفصل به میزان قابل توجهی روی دامنه‌های پرشیب قرار گرفته باشند میزان سیل‌خیزی حوضه افزایش می‌یابد (جدول ۱-۲) (فیاض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸).

ایوت و دوت (Evet and Dutt 1985) به بررسی رواناب در شیب‌های ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد و طول شیب ۳ و ۶ متر در حوضه‌های کوچک پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که مقدار رواناب ایجاد شده در حوضه با افزایش طول شیب و کاهش مقدار شیب حوضه رابطه مستقیمی دارد.

جدول ۱-۲- رابطه بین میزان نفوذپذیری و سیل‌خیزی حوضه

نفوذپذیری	شیب	سیل‌خیزی
نفوذپذیر	شیب کم	فاقد سیل‌خیزی
نفوذپذیری متوسط	شیب متوسط	سیل‌خیزی متوسط
نفوذناپذیر	شیب زیاد	سیل‌خیزی زیاد

لال (Lal 1983, 1997) به بررسی تأثیر طول شیب در رواناب آلفیوسل (Alfisol) در غرب نیجریه پرداخت. وی مقدار رواناب را در زمین‌های شیب‌دار طبیعی با طول شیب‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر با شیب‌های ۱، ۵ و ۱۵ درصد که تحت ریزش باران طبیعی بودند، مطالعه نمود. میزان متوسط رواناب سالانه ایجاد شده در طول شیب‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر برای سال ۱۹۷۷ به ترتیب برابر با ۸۷، ۸۰ و ۶۹ درصد و برای سال ۱۹۷۸ برابر با ۱۰۰، ۶۶، ۴۹ و ۳۵ بود. نتایج مطالعات لال نشان می‌دهد که مقدار رواناب با یک رابطه نمایی با افزایش طول شیب کاهش می‌یابد.

باتنی و گریسمر (Battany and Grismer 2000) به بررسی رواناب در شیب‌های مختلف پرداختند. آن‌ها در دو مکان متفاوت (سایت A و B) در محیط آزمایشگاهی و با شیب‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مطالعات خود را شروع کردند. با توجه به اینکه درصد پوشش سطح B نسبت به سطح A بیشتر بود میزان تولید رواناب

در سطح B، ۸۷ درصد نسبت به سطح A کمتر بود. همچنین آن‌ها ارتباط قوی بین شیب، پوشش سطح زمین و میزان زبری و رواناب تولید شده را نشان دادند.

نتایج مطالعاتی که در خصوص تأثیر طول شیب بر روی مقدار رواناب انجام شده بیانگر آن می‌باشند که با افزایش طول شیب میزان رواناب کاهش می‌یابد که این اثر در مواقع بارندگی شدید بیشتر نشان داده می‌شود (Van et al. 2005, 2000, Esteves and Lapetite 2003, Joal 2002).

فانگ و همکاران (Fang et al. 2008) مطالعاتی در خصوص تأثیر شیب و رژیم بارندگی روی رواناب در منطقه‌ای از چین انجام دادند. آن‌ها با تقسیم‌بندی بارندگی‌های رخ داده در سه دسته متفاوت A (بارندگی با شدت زیاد، زمان کوتاه و حجم زیاد)، C (بارندگی با شدت کم، زمان طولانی و نامنظم)، B (بارندگی با شدت و زمان متوسط و رخداد نامنظم) و در شیب‌های مختلف، مطالعات خود را آغاز کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان می‌دهد که ضریب رواناب بارندگی گروه A نسبت به بارندگی گروه B و C بیشتر بوده، و در شیب‌های پایین دست ضریب رواناب برای هر سه گروه بارندگی تغییرات مشابه را داشته است. همچنین دبی اوج بارندگی گروه A در طول شیب کوتاه‌تری نسبت به دو گروه دیگر رخ داد.

چنگ و همکاران (Cheng et al. 2008) در حوضه وانجیاگو (Wanngjiagou) در چین عوامل مؤثر بر تولید رواناب و تخریب خاک را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها ملاحظه کردند که با افزایش شیب از ۵ درجه به ۲۵ درجه مقدار رواناب و میزان تخریب خاک افزایش پیدا می‌کند.

۲-۱-۶- خصوصیات فیزیکی حوضه

بعضی از ویژگی‌های فیزیکی حوضه روی وقوع رواناب حوضه تأثیر بیشتری را نشان می‌دهند که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود (Wilson 1983).

الف - مساحت حوضه

مشخص‌ترین ویژگی حوضه مساحت آن می‌باشد. در هر منطقه دبی سیلاب‌ها رابطه مستقیمی با مساحت

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

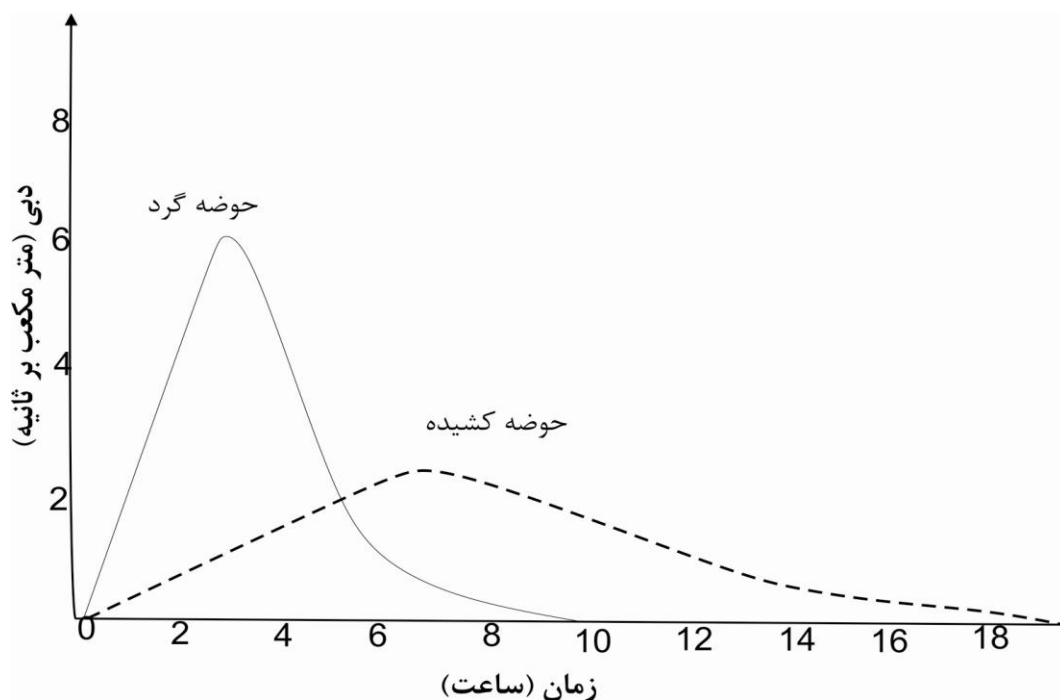
حوضه دارد. در هر حال حداکثر بارش محتمل با مساحت حوضه رابطه معکوس را نشان می‌دهد، به این معنا که هر چه مساحت حوضه بیشتر باشد، حداکثر بارش محتمل کمتر می‌شود و دلیل آن از این قرار است که احتمال وقوع یک بارش خاص در کل یک حوضه نسبتاً کم است.

ب- شیب حوضه

با افزایش شیب زمان تمرکز کاهش یافته و دبی اوج افزایش می‌یابد. در ارتفاعات تراکم پوشش گیاهی کم بوده، قدرت فرسایش افزایش یافته، نرخ نفوذ کمتر می‌شود که نتیجه آن افزایش رواناب می‌باشد.

ج- شکل حوضه

شکل حوضه روی زمان وقوع دبی اوج تأثیرگذار می‌باشد (Wilson 1983). در حوضه‌های کشیده زمان وقوع دبی اوج طولانی‌تر و دبی اوج کمتر می‌باشد؛ اما در حوضه‌های پهن این رابطه عکس می‌باشد این رابطه در شکل (۱-۲) به خوبی مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۲- تأثیر شکل حوضه بر هیدروگراف حوضه

ح- ضریب انشعاب آبراهه‌ای

ضریب انشعاب آبراهه‌ای در واقع نسبت تعداد رودخانه‌های یک رده مشخص به تعداد رودخانه‌های رده بالاتر می‌باشد؛ هر چه این نسبت کوچک‌تر باشد هیدروگراف حوضه نسبت به حوضه‌های دیگر دبی اوج تیزتری را نشان خواهد داد (علیزاده ۱۳۸۷).

۲-۲- روش‌های برآورد سیلاب

روش برآورد سیلاب با توجه به وجود یا عدم وجود آمار هیدرومتری متفاوت است. از آنجایی که ارزیابی کمی سیلاب از اهمیت ویژه‌ای در طراحی ساختارهای هیدرولیکی، مطالعات خسارات سیل، مدیریت دشت سیلابی، مطالعات بستر و حریم رودخانه برخوردار می‌باشد، روش‌های متعددی جهت تخمین دبی سیلاب ارائه شده است (Zaman et al. 2012).

روش‌های مختلفی جهت تخمین دبی ارائه شده‌اند که در سه دسته ساده، متوسط و پیچیده قرار می‌گیرند (Mihalik 2007 cited in Gomaa et al. 2013). مدل‌های ابتدایی که با تعداد داده‌های کم می‌توانند دبی اوج و دیگر کمیت‌های هیدرولوژی را تخمین بزنند، به مدل‌های نظری یا رگرسیونی معروف هستند و در سراسر جهان کاربرد دارند (Gomaa et al. 2013). در سطح متوسط مدل، از روابط باران رواناب و شماره منحنی جهت تخمین دبی سیلاب استفاده می‌شود؛ و دامنه پارامترهای استفاده شده در مدل گسترده‌تر می‌باشد. سطح پیچیده مدل که در واقع روش‌های ارزیابی آب و خاک می‌باشد شرایط عادی به وجود آمده توسط مسائل نادر را بررسی می‌کند. برای مطالعه کمیت رواناب می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده نمود. در ادامه مختصری درباره بعضی از رایج‌ترین روش‌ها ارائه می‌شود.

۲-۲-۱- روش استدلالی

روش استدلالی بر این فرض استوار است که اگر باران در تمام حوضه با یک شدت بیارد، کل حوضه در

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

جریان خروجی نقش داشته باشد. شرایط فوق زمانی فراهم می‌شوند که زمان بارندگی بیشتر از زمان تمرکز و شدت بارش از میزان نفوذ آب در خاک بیشتر باشد (Hadadin 2013). این روش برای حوضه‌های با وسعت کمتر از پانزده کیلومتر مربع قابل استفاده می‌باشد. آنچه در روش استدلالی حائز اهمیت است انتخاب ضریب رواناب می‌باشد (جدول ۲-۲) که به طور مستقیم دبی سیلاب را تحت تأثیر قرار می‌دهد (علیزاده ۱۳۸۷). چنانچه شدت بارندگی را برابر i در نظر بگیریم حداکثر دبی لحظه‌ای از معادله (۲-۱) بدست می‌آید.

$$Q = KCiA \quad \text{معادله ۱-۰۲}$$

در این رابطه Q حداکثر دبی رواناب بر حسب (m^3/s) ، A مساحت حوضه بر حسب هکتار، i شدت باران بر حسب (mm/hr) ، C ضریب رواناب و K ضریب ثابت که بر اساس خصوصیات حوضه می‌باشد. جهت محاسبه زمان تمرکز در روش استدلالی اصولاً از فرمول کریپیچ (معادله ۲-۲) استفاده می‌شود (علیزاده ۱۳۸۷).

$$t_c = 0.0003 L^{0.77} S^{-0.385} \quad \text{معادله ۲-۲}$$

در این رابطه t_c زمان تمرکز (hr) ، L حداکثر طول مسیر حرکت آب (m) و S شیب زمین است.

به طور کلی جهت محاسبه دبی با روش استدلالی مراحل زیر انجام می‌شود:

- محاسبه زمان تمرکز حوضه (t_c)
- انتخاب دوره برگشت سیل (T)
- تعیین شدت باران با تداوم t_c و دوره برگشت T با استفاده از زمان تمرکز و دوره برگشت از روی معادله و یا نمودارهای شدت-مدت-تناوب
- تخمین ضریب رواناب با توجه به نفوذپذیری و شیب حوضه
- محاسبه دبی اوج با استفاده از معادله (۲-۱)

جدول ۲-۲- ضریب رواناب در روش استدلالی

نوع حوضه آبریز	ضریب رواناب (C)	نوع حوضه آبریز	ضریب رواناب (C)
مناطق مسکونی	۰/۳-۰/۵	خیابان‌ها	۰/۷-۰/۹۵
خانه‌های ویلایی	۰/۵-۰/۷	آسفالت	۰/۲۵-۰/۳۵
آپارتمان‌ها		غیر آسفالت	
مناطق صنعتی	۰/۵-۰/۸	حوضه‌های آبریز	۰/۰۵
تراکم ضعیف	۰/۶-۰/۹	خاک‌های شنی با شیب کم	۰/۱-۰/۱۵
تراکم زیاد		خاک‌های شنی با شیب متوسط	۰/۱۵-۰/۲۰
		خاک‌های شنی با شیب خیلی زیاد	۰/۱۳-۰/۱۷
		خاک‌های رسی با شیب کم	۰/۱۵-۰/۲۲
		خاک‌های رسی با شیب متوسط	۰/۲۰-۰/۳۰
		خاک‌های رسی با شیب زیاد	
مناطق تجاری	۰/۵-۰/۹۵		
مرکز شهر	۰/۵-۰/۷		
خارج شهر			

۲-۲-۲- روش‌های تجربی

تاکنون روش‌های متنوعی ارائه شده‌اند تا دبی لحظه‌ای حوضه را بر اساس خصوصیات فیزیکی حوضه نشان دهند؛ اما هر کدام از این روش‌ها شرایط خاصی دارند که باید در استفاده از آن‌ها جانب احتیاط را رعایت نمود (علیزاده ۱۳۸۷) در ادامه تعدادی از روابط تجربی ارائه شده است.

الف) رابطه دیکن (Dicken's formula)

$$Q_p = CA^{0.75}$$

معادله ۳-۲

در این رابطه C ضریب ثابتی است که مقدار آن از ۱۴ تا ۲۸ در مناطق کوهستانی و از ۲/۸ تا ۵/۶ در دشت‌ها متغیر می‌باشد.

ب) رابطه کریگر (Creager's formula)

یکی از معروف ترین معادلات تجربی با متغیر مساحت معادله کریگر می باشد. معادله کریگر به صورت زیر می باشد:

$$Q_p = 46CA^{(0.894A^{-0.048})} \quad \text{معادله ۴-۲}$$

که در آن Q دبی حداکثر سیلاب بر حسب فوت مکعب بر ثانیه، A مساحت حوضه بر حسب مایل مربع، C ضریبی است که با توجه به منطقه مورد مطالعه تعیین می گردد (ترابی پوده و فتحی مقدم ۱۳۸۵).

ج) فرمول مایر (Mayer formula)

$$Q_p = 175A^{0.5} \quad \text{معادله ۵-۲}$$

که Q_p بر حسب متر مکعب بر ثانیه و A مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع می باشد. فرمول مایر در آمریکا و حوضه ای که وسعت آن بیش از ۱۰ کیلومتر مربع باشد، پیشنهاد می گردد.

دوره بازگشت در هیچ کدام از معادلات فوق جهت محاسبه دبی در نظر گرفته نشده است؛ اما تعدادی از معادلات تجربی دوره بازگشت را در محاسبه دبی لحاظ نموده اند. از آن جمله می توان به معادلات زیر اشاره نمود (علیزاده ۱۳۸۷).

الف) رابطه هورتون (Horton formula)

$$Q_p = 71.2(T)^{0.25}(A)^{-0.5} \quad \text{معادله ۶-۲}$$

که Q_p دبی ویژه سیل ($m^3/s.km^2$)، T دوره بازگشت سیل (سال) و A مساحت حوضه (km^2) می باشد.

ب) فرمول فولر (Fuller formula)

$$Q_p = Q_{pT}(1 + 2.66A^{-0.3}) \quad \text{معادله ۷-۲}$$

$$Q_{pT} = CA^{0.8}(1 + 0.3474 \ln T) \quad \text{معادله ۸-۲}$$

Q_p حداکثر دبی لحظه‌ای (m^3/s) سیل، T دوره بازگشت سیل (سال) و C ضریب ثابت که مقدار آن با توجه شیب و پوشش حوضه از 0.3 تا $2/8$ متغیر است.

بنابراین، اگر قرار باشد با استفاده از روش تجربی حداکثر دبی لحظه‌ای حساب شود، هر کدام از فرمول‌ها مقدار متفاوتی را نشان می‌دهند، که با توجه به نظر کارشناس از حوضه نتیجه‌گیری می‌شود.

۲-۳- برآورد حداکثر دبی سیلاب با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک

روش SCS شامل استفاده از مشخصات حوضه (رطوبت اولیه، نوع خاک، جذب اولیه باران، شیب طولانی‌ترین کانال و پوشش سطح زمین) و ارزش دادن به هر کدام از پارامترها با استفاده از شماره منحنی (CN) می‌باشد. در روش SCS شماره منحنی (CN) توسط نوع کاربری زمین و ترکیب خاک مشخص می‌شود. در این روش شماره منحنی بین ۲۵ (نفوذ کم رواناب) و ۹۸ (در مناطق نفوذناپذیر) تغییر می‌کند (Hadadin 2013).

حجم رواناب در روش SCS را می‌توان از رابطه (۲-۹) محاسبه کرد:

$$Q = \frac{(P - \lambda S)^2}{P + (1 - \lambda)S} \quad \text{معادله ۲-۹}$$

در رابطه بالا Q عمق رواناب تجمع یافته بر حسب اینچ، P عمق باران طوفانی تجمع یافته بر حسب اینچ، λ فاکتور ثابت که مقدار آن بین 0.4 و 0 حداکثر یا پتانسیل نگهداشت باران روی زمین بر حسب اینچ می‌باشد که از رابطه (۲-۱۰) بدست می‌آید:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad \text{معادله ۲-۱۰}$$

شکل هیدروگراف سیل روش SCS استاندارد بوده و بستگی به مساحت حوضه و زمان تأخیر دارد. زمان تأخیر حدوداً 0.6 برابر زمان تمرکز می‌باشد. دبی اوج یک واحد رواناب با رابطه (۲-۱۱) محاسبه می‌شود:

$$Q_p = \frac{2.08A}{TR} \quad \text{معادله ۱۱-۲}$$

در رابطه بالا Q_p دبی اوج (m^3/s)، A مساحت زهکشی (km^2) و TR زمان بالا آمدن هیدروگراف سیل که برابر زمان تأخیر به علاوه یک ساعت زمان سیل در ساعت می باشد.

آقایاری سامیان و همکاران (۱۳۹۲) با به کارگیری روش SCS و نرم افزار ArcGIS به بررسی برآورد میزان سیل خیزی آبریز رودخانه خلخال، پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه و تعیین مهم ترین عامل مؤثر در بروز سیلاب پرداختند. آن ها با تلفیق اطلاعات کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شیب و رواناب نقشه پهنه بندی سیل حوضه را تعیین نمودند. نتایج مطالعات نشان می دهد مناطقی که از پوشش گیاهی فقیر بوده، شیب تند دارند و دارای سازندهای آندزیتی، داسیتی، آندزیت کواترنری و خاکسترهای آتشفشانی دوران سوم هستند، پتانسیل سیل خیزی بالایی دارند. همچنین نقشه های CN ترسیم شده از حوضه حاکی از آن هستند که بخش های دارای خاک هایی با گروه های هیدرولوژیکی A می باشند و ضریب CN پایینی دارند، دارای قدرت نفوذ زیاد و از پتانسیل سیل خیزی خیلی کمی برخوردارند و بالعکس بخش هایی که در گروه های هیدرولوژیکی D هستند و از ضریب CN بالایی برخوردارند، توان سیل خیزی بالایی را شامل می شوند.

برای بررسی تغییرات روند ۵ ساله رواناب حوضه مهارلو، سلیمان پور و همکاران (۱۳۹۲)، از روش SCS استفاده کردند. بدین منظور برای تهیه شماره منحنی از نقشه های زمین شناسی، نقشه های گروه های هیدرولوژیکی خاک و نقشه کاربری اراضی (با استفاده از تصاویر ماهواره ای IRS، تصاویر رنگی کاذب و باز دیدهای میدانی) استفاده گردید. با استفاده از اطلاعات فوق مقادیر CN را از جداول استاندارد استخراج کردند. نتایج کلی حکایت از افزایش CN به مقدار $33/2$ ارتفاع رواناب به میزان $0/19$ میلی متر و حجم رواناب به مقدار $39/06$ میلیون متر مکعب در کل حوضه نسبت به سال ۱۳۸۷ دارد؛ که ناشی از تغییر کاربری زمین (کاهش اراضی جنگلی و مرتعی و افزایش اراضی مسکونی و زراعت آبی) بوده است.

۲-۳-۱- روش منحنی‌های پوش

استفاده از روابط تجربی و روش استدلالی جهت محاسبه دبی محدودیت و ایراداتی دارد. از این محدودیت‌ها می‌توان به عدم توجه به مکانیسم ایجاد رواناب، عدم کاربرد منطقه‌ای، استوار بودن روش‌های فوق بر مبنای ملاحظات فیزیکی و مفاهیم تئوری اشاره نمود. در واقع روش‌های فوق فقط برآیند مجموعه عوامل مؤثر بر رواناب را در نظر گرفته‌اند. برای رفع ایرادات فوق از روش منحنی‌های پوش استفاده شده که کاربرد فراوانی در محاسبات هیدرولوژی دارند (علیزاده ۱۳۸۷).

جعفریان و همکاران (۱۳۸۹)، به بررسی برآورد حداکثر دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف حوضه زیرکوه قاین با استفاده از روش آنالیز مدل ریاضی، روش کریگر، روش منحنی پوش سیلاب و روش فولر در جنوب بیرجند پرداختند. با تعیین رابطه رگرسیونی بین دبی حوضه با دوره بازگشت‌های مختلف که با روش‌های فوق برآورد شده بود و دبی ایستگاه مبنا به این نتیجه رسیدند که بهترین روش تخمین دبی سیلاب در حوضه استفاده از روش منحنی پوش سیلاب می‌باشد.

۲-۳-۲- روش آنالیز سیلاب منطقه

در روش آنالیز سیلاب منطقه‌ای از روابطی که بین حداکثر دبی لحظه‌ای و خصوصیات حوضه آبریز (مساحت حوضه، شیب حوضه، ضریب گراویلیوس، طول آبراهه اصلی و سایر خصوصیات فیزیوگرافی حوضه) می‌باشد، می‌توان سیلاب‌های منطقه‌ای را پیش‌بینی نمود.

غریب (۱۳۸۴) طی تحقیقات خود به انتخاب مناسب‌ترین توزیع فراوانی برای پیش‌بینی دبی حداکثر لحظه‌ای حوضه آبخیز استان گلستان پرداخت. وی از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری جهت تعیین توزیع فراوانی داده‌های دبی استفاده نمود، که بهترین توزیع فراوانی برازش داده شده توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ و توزیع لوگ نرمال دو پارامتری بود. همچنین نتایج مطالعات نشان داد، که بین دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب توسط توزیع‌های فراوانی در دوره بازگشت پایین اختلاف چندانی وجود ندارد.

ترابی‌پوده و فتحی‌مقدم (۱۳۸۵) تخمین سیلاب حداکثر در حوضه خوزستان را با استفاده از آمار

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه انجام دادند. آن‌ها با انجام آزمون همگنی داده‌ها (به روش جرم مضاعف) و تصادفی بودن داده‌ها (استفاده از آزمون ران تست) ایستگاه‌های مناسب را انتخاب و توزیع‌های مناسب آماری را بر داده‌ها برازش نمودند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که توزیع آماری مناسب منطقه از لوگ پیرسون تیپ سه تبعیت می‌نماید. همچنین رابطه همبستگی بسیار خوبی بین سیلاب‌های حداکثر با دوره بازگشت‌های مختلف و مساحت حوضه وجود دارد.

ملکی‌نژاد و پورمحمدی (۱۳۸۸) جهت برآورد دبی حداکثر سیلاب در حوضه‌های آبریز اصفهان - سیرجان و حوضه آبریز یزد، روش‌های هیزن و هیبرید را به کار گرفتند. آن‌ها با استفاده از سه عامل مساحت حوضه، بارش ۲۴ ساعته و طول آبراهه، دوره‌های بازگشت ۵۰-۲ ساله را برآورد نمودند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که روش هیبرید در مقایسه با روش هیزن تخمین مناسب و قابل قبولی را در تعیین دبی حوضه ارائه می‌دهد؛ ثانیاً نقش مؤثر سه پارامتر طول آبراهه، مساحت و بارش ۲۴ ساعته را در تعیین دبی خروجی حوضه نشان می‌دهد.

هدایتی‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از روش آنالیز منطقه‌ای سیلاب در ایستگاه‌های هیدرومتری زیرحوضه‌های زرينه‌رود و سيمينه‌رود به پیش‌بینی سیلاب‌های منطقه پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش‌های آماری، روش‌های رگرسیون خطی (پس از اطمینان از تصادفی بودن داده‌ها) توزیع‌های آماری را بر داده‌ها برازش دادند و بهترین توزیع را برآورد نمودند که با استفاده از آن دبی حوضه را با دوره بازگشت‌های مختلف برآورد نمودند. همچنین با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای منطقه را به دو ناحیه همگن طبقه‌بندی کردند؛ که نهایتاً برای این دو ناحیه معادلاتی (با استفاده از تحلیل منطقه‌ای به روش هم‌بستگی چندگانه) را ارائه نمودند.

نکوئیان و همکاران (۱۳۹۰) دبی حداکثر سالانه دوره آماری ۲۵ ساله با دوره بازگشت مختلف را با استفاده از روش گشتاور خطی، نرم‌افزار تحلیل فراوانی سیل توسط توزیع دو پارامتری (نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، مقادیر حدی نوع یک، گامای دو پارامتری، لجستیک و نمایی)، توزیع سه پارامتری (لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون نوع سه، لوگ پیرسون نوع سه، مقادیر حدی تعمیم یافته، ویبول تعمیم یافته و

لجستیک تعمیم یافته)، توزیع چهار پارامتری (ویک بای چهار پارامتری) و توزیع پنج پارامتری ویک بای پنج پارامتری در حوضه آبخیز کارون شمالی برآزش دادند. سپس بهترین توزیع را با دو روش آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و آزمون مربع کای (K^2) انتخاب کردند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که توزیع سه پارامتری برآزش بهتری را نسبت به توزیع‌های دو، چهار و پنج پارامتری دارند.

۲-۳-۳- استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل در نظر گرفتن چندین متغیر ابزار کارآمدی در محاسبه حجم سیلاب و پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌باشد. این روش در تخمین حجم سیلاب و پهنه‌بندی خطر، هم کم هزینه‌تر است و هم در مقیاس‌های وسیع و جاهایی که امکانات آزمایشگاهی و بازدید صحرایی وجود ندارد می‌تواند به کار رود. در این روش متغیرهای مختلف تأثیرگذار در مسئله مورد نظر به صورت لایه‌های اطلاعاتی استخراج و جهت پردازش‌های بعدی وارد محیط نرم‌افزار ArcGIS می‌گردد. خروجی نرم‌افزار هدف ما و جواب مسئله خواهد بود.

ویلت و شاردا (Willet and Sharda 1991) مناطق مستعد سیلاب را در پروژه‌های کنترل سیلاب رودخانه گرند (Grand) و تار (Tar) در اکاهامای آمریکا با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی شناسایی کردند.

ژانگ و همکاران (Zhang et al. 2002). روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را برای پهنه‌بندی مناطق در معرض سیلاب‌های ناشی از باران‌های شدید در منطقه یاماگوچی (Yamaguchi) ژاپن به کار گرفتند.

عبدی و زنجانی جم (۱۳۸۲) با به کارگیری نرم‌افزار GIS، به بررسی ضریب سیل خیزی در سطح استان زنجان پرداخته‌اند. آن‌ها پس از مشخص کردن ایستگاه‌های مطالعاتی و داده‌های مورد استفاده بهترین توزیع آماری منطقه را توزیع لوگ نرمال تشخیص دادند. همچنین برای محاسبه ضریب سیل خیزی حوضه پس از انجام آنالیز نقطه‌ای سیلاب مقدار ضریب سیل خیزی حوضه را با دوره بازگشت‌های مختلف برآورد نمودند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد با توجه به نقش سازندهای زمین‌شناسی منطقه که از نفوذپذیری

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

کمی برخوردارند و بیشتر از تشکیلات مارنی می‌باشند، میزان سیل خیزی حوضه زیاد می‌باشد. همچنین با افزایش دوره بازگشت ضریب سیل خیزی منطقه افزایش یافته و سطح بیشتری از استان را شامل می‌شود.

مؤذنی و همکاران (۱۳۹۲) با به کارگیری نرم‌افزار GIS, HEC-HMS و روش SCS به برآورد سیلاب حوضه آبخیز دشت روم در کهگیلویه و بویراحمد پرداختند. آن‌ها با ابزار کمکی HEC-GeoHMS و نقشه‌های رقومی DEM در محیط GIS مرز حوضه و شبکه آبراهه را تعیین نمودند. مقدار CN حوضه با استفاده از نقشه‌های کاربردی اراضی، خاک و داده‌های رطوبت خاک مشخص گردید. نقشه گیتاشناسی حوضه از محیط GIS به نرم‌افزار HEC-HMS منتقل و هیدروگراف حوضه مشخص گردید. سپس با وارد کردن داده‌های فوق به نرم‌افزار، رفتار آب‌شناسی حوضه را در سیلاب‌هایی با دبی اوج بالا شبیه‌سازی کردند.

سینها و همکاران (Sinha et al. 2008) در شرق هندوستان مطالعه‌ای به منظور سیل خیزی رودخانه کوسی (Kosi) انجام داده و از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده کردند؛ فاکتورهایی مانند ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، تراکم جمعیت و توپوگرافی را به صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد مدل AHP کرده و سرانجام به یک نقشه نهایی از سیل خیزی منطقه دست یافتند.

نظم‌فر و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از فاکتورهای بارش، کاربری زمین، خصوصیات مورفولوژیک دامنه‌ها (شامل تحدب، تقعر، همگرایی، واگرایی و شیب)، پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه اصلی و تراکم شبکه زهکشی و استفاده از مدل منطق فازی به پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌گیری و سیل خیزی حوضه رودخانه قوری‌چای پرداختند و به این نتیجه رسیدند که؛ مناطق با خطر سیل خیزی بسیار زیاد در بالادست حوضه و مناطق با پتانسیل سیل‌گیری بسیار زیاد در بخش‌های پایین‌دست حوضه قرار دارند. همچنین دریافتند که از بین سه مقدار گامای استفاده شده در مدل، گامای ۷/۰ بهترین نتیجه را در پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی و سیل‌گیری منطقه می‌دهد.

کینگ و همکاران (Qing et al. 2011) با به کارگیری مدل AHP در GIS به پهنه‌بندی خطر سیلاب در بزرگراه بخش فیولینگ (Fuling) پرداختند. به این منظور لایه‌های اطلاعاتی شدت بارش، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و معیارهای زمین‌شناسی را وارد مدل کردند و سرانجام یک نقشه نهایی از پهنه‌بندی سیلاب منطقه بدست آوردند؛ که نشان می‌دهد که ۱۱/۸۹ درصد منطقه در معرض بیشترین خطر و ۱۴/۲۶ درصد منطقه در معرض کمترین خطر سیلاب قرار گرفته‌اند.

ملکیان و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از GIS و روش تحلیل سلسله مراتب فازی به پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبخیز اخترا‌آباد پرداختند. آن‌ها با تهیه لایه‌های اطلاعاتی سنگ‌شناسی، نفوذپذیری، تراکم شبکه زهکشی، زمان تمرکز، شیب، گروه هیدرولوژیک خاک، کاربری اراضی، بارش و فاصله از آبراهه، وزن‌دهی مناسب و مقایسه زوجی بین لایه‌ها، میزان عضویت فازی هر کدام از این عوامل را بررسی کردند و منطقه را به هفت پهنه تقسیم نمودند. بر اساس نتایج بدست آمده، قسمت‌های شمال و جنوب حوضه در معرض سیل خیزی بیشتری قرار دارند. همچنین پهنه‌هایی با شیب بیش از شصت درصد و بارش بین ۳۰۰-۴۰۰ میلی‌متر جزء مناطق با پتانسیل سیل‌خیزی زیاد قرار دارند.

جانلینگ و همکاران (Junling et al. 2010) جهت پهنه‌بندی خطر بخش سیلاب هنان (Henan) چین مدل AHP را به کار گرفتند. آن‌ها با استفاده از لایه‌های باران، توپوگرافی، تراکم آبراهه‌ای و جمعیت، منطقه را به هفت قسمت تقسیم کردند. نتایج مطالعات نشان داد که بیشترین خطر در منطقه زیانگ (Xinyang) و کمترین خطر در منطقه سانمنیا (Sanmenxia) وجود دارد.

از نمونه مطالعات قبلی که به بررسی پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل AHP و نرم‌افزار GIS پرداخته‌اند، می‌توان به مطالعات چن و همکاران (Chen et al. 2011) در رودخانه فازه (Fazih) در تایوان اشاره نمود. هدف آن‌ها پهنه‌بندی خطر سیلاب ناشی از شکست سد و آبگیرهای طوفان با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی، تهیه نقشه مرتبط به خطر سیل و به کارگیری این دو روش در مناطق شهری و نیمه روستایی شهر تایوان بود.

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

فرنز و لوت (Fernandez and Lutz 2010) پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری را با استفاده از GIS انجام دادند. بدین منظور از اطلاعات شیب، ارتفاع، کاربری زمین، ارتفاع سطح ایستابی و فاصله از آبراهه‌ها به منظور لایه‌های اطلاعاتی ورودی نرم‌افزار استفاده کردند. خروجی مدل نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری بود؛ که در بخش جنوبی شهر سان میگل (San Miguel) با شیب کم وعدم برنامه‌های کنترلی رودخانه بیشترین خطر سیلاب مشاهده می‌شود.

صالحی و همکاران (۱۳۹۲) هدف مطالعه خود را پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری شهر تهران با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتب فازی و نرم‌افزار GIS گذاشت. بدین منظور لایه‌های ورودی مدل شامل شیب، ارتفاع، تجمع جریان، شبکه زهکشی، اراضی ساخته نشده و اراضی ساخته شده را آماده کرده و پس از وزن‌دهی مناسب به لایه‌ها نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب را آماده نمودند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد بخش‌های مرکزی و جنوب شهر و نواحی حریم آبراهه‌ها در معرض بیشترین خطر سیلاب شهری هستند. نتایج مطالعات فوق نشان می‌دهد که می‌توان با توجه به خصوصیات فیزیکی حوضه، تراکم جمعیت، سنگ‌شناسی منطقه و ارجحیت هر کدام از این عوامل نقشه پهنه‌بندی سیلاب منطقه را آماده نمود، که جزء اطلاعات پایه و مهم در طرح‌های عمرانی می‌باشد.

تعیین حریم بستر رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، پیش‌بینی، هشدار و عملیات امداد و نجات و بیمه سیل از کاربرد نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب می‌باشد.

۲-۴- ارزیابی کیفی سیلاب

سیلاب یکی از بلاهای طبیعی است که در اکثر نقاط جهان به‌ویژه در مناطق کوهستانی به وقوع می‌پیوندد. سیلاب‌های بزرگ به دلیل حمل آلاینده‌های مختلف شامل آفت‌کش‌ها، فاضلاب‌ها و اجساد جانوران باعث از بین رفتن حجم قابل توجهی از آب با کیفیت مناسب می‌شوند.

سیلاب‌های بزرگ اثرات مخرب زیادی بر محیط زیست وارد می‌کنند. یکی از این اثرات مهم، تخریب

کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد (Rumi 2002). این سیلاب‌ها می‌توانند تحت تأثیر آلاینده‌های مختلف آلوده شوند که از آن جمله می‌توان به فاضلاب‌ها، زباله‌ها، اجساد موجودات زنده، آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی خطرناک اشاره نمود (Goolbsy 1995, Gautam and Vander Hoek 2003).

کوپراج و همکاران (Kuppuraj et al. 2012) کیفیت آب زیرزمینی در دشت سیلابی بالا دست رودخانه پالار (Palar) در هند را بررسی نمودند. بدین منظور بیست و دو نمونه آب قبل و بعد از فصل‌های طوفانی مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج آزمایشات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب را با استاندارد بهداشت جهانی مقایسه و آلودگی را تأیید کردند. مقدار کلر، سولفات، سدیم و کل مواد محلول نمونه‌ها از حد مجاز بیشتر بود؛ همچنین بر اساس نمودار پایپر نمونه‌های آب دارای تیپ کربناته و سولفات بودند.

نتایج مطالعات جهانگیر و همکاران (Jahangir et al. 2014) که به بررسی کیفیت آب و رسوب دریاچه مانچار (Manchar) بعد از سیل بزرگ ۲۰۱۰ پاکستان پرداخته‌اند نشان می‌دهد که مقدار آلاینده‌های دریاچه در مقایسه با زمان قبل از سیل ۲۰۱۰ از مقدار کمتری برخوردار بوده‌اند.

بابرواسکی و همکاران (Baborowski et al. 2012) مطالعاتی در خصوص ارزیابی کیفیت آب رودخانه الب (Elbe) ژاپن در شرایط سیلابی رودخانه انجام دادند. نتایج بدست آمده در این مطالعه بیان‌گر این است که؛ آلودگی رودخانه بیشتر در سه دسته رسوبات و مواد معلق که منجر به تمرکز مواد معلق و فلزات سنگین می‌شوند، آب‌های تخلیه شده همراه با مواد آلی محلول زمین‌زاد که همراه با اورانیوم و نیکل هستند و آلودگی نیکل، منگنز و روی که در ارتباط با معادن متروکه می‌باشد.

ویل‌هوفر و همکاران (Weilhoeffe et al. 2008) با هدف تأثیر سیلابی شدن رودخانه تالاتین (Tualatin) در ایالت متحده و تأثیر آن بر باتلاق مجاور مطالعات خود را شروع کردند. بدین منظور آن‌ها در طی دو دوره مطالعاتی، سیلاب‌ها را از نظر زمان و بزرگی به سه دسته شامل سیلاب بزرگ و طولانی، سیلاب بزرگ و کوتاه و سیلاب کوتاه و کوچک تقسیم کردند. نتایج مطالعات بیانگر آن بود که در سیلاب‌های بزرگ و طولانی و سیلاب‌های بزرگ و کوتاه مقدار نیتروژن و فسفر باتلاق کاهش یافت؛ در مقابل در

سیلاب‌های کوتاه و کوچک تغییری در خصوصیات شیمیایی باتلاق دیده نشد.

هارت و همکاران (Hart et al. 1988) به بررسی کیفیت سیلاب رودخانه آنا (Anann) در شمال کوئینزلند (Queensland) پرداختند. آن‌ها با اندازه‌گیری‌هایی که از بیست نمونه آب انجام دادند، مقدار میانگین هدایت الکتریکی و نمونه‌ها را برابر با ۴۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و میانگین pH را ۶/۷ اعلام کردند. همچنین نتایج مطالعات حاکی از آن بود که مقدار سدیم در بین کاتیون‌های اصلی بالاترین مقدار و تفاوتی در بین آنیون‌های اصلی دیده نشده و همبستگی قوی بین فلزات سنگین شامل Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Sn و مواد جامد وجود دارد.

کلیمی و همکاران (۱۳۸۵) در طی مطالعه‌ای به بررسی زیست‌محیطی سیلاب‌های بزرگ حوضه گرگان‌رود پرداختند. آن‌ها با مقایسه استانداردهای قابل قبول بهداشت جهانی آب شرب و نمونه‌های برداشت شده از رودخانه گرگان‌رود نشان دادند که BOD_5 , CO و COD و کلیفرم‌های مدفوعی و کلیفرم‌های کل از حد مجاز بیشتر بوده و بیانگر آلودگی شدید و تخریب کیفیت آب در نتیجه وقوع سیل ۱۳۸۰ می‌باشد.

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مقدمه

در این فصل سعی شده است کلیه کارهای انجام شده برای ارزیابی کمی و کیفی سیلاب و همچنین رواناب‌های سطحی در حوضه‌های قمصر و قهرود به طور مختصر ارائه شوند. مهم‌ترین کارهای انجام شده در این تحقیق شامل موارد زیر می‌باشد:

- جمع‌آوری و مطالعه گزارش مطالعات انجام شده مرتبط با موضوع
 - تهیه اطلاعات دبی، بارندگی و دما مربوط به ایستگاه‌های منطقه و مجاور آن
 - بازدیدهای صحرایی از منطقه مورد مطالعه و شناسایی عوامل مؤثر بر کمیت سیلاب در منطقه
 - تهیه نقشه زمین‌شناسی پایه منطقه
 - نمونه‌برداری از خاک‌های منطقه و تعیین بافت آن‌ها
 - تجزیه و تحلیل داده‌های آماری منطقه با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS, SMADA, EASYFIT
 - تهیه لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر کمیت سیلاب با استفاده از نرم‌افزارهای GIS, ENVI و Google Earth
 - تجزیه و تحلیل داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی
 - انتخاب روش مناسب جهت برآورد ضریب رواناب
 - بررسی کیفیت آب‌های سطحی منطقه
- مراحل انجام کار در این پایان‌نامه را می‌توان به سه محور اصلی شامل برآورد پتانسیل سیل‌خیزی، برآورد ضریب رواناب و ارزیابی کیفی رواناب تقسیم کرد. شکل (۳-۱) نمودار جریانی از روش کار در بخش‌های مختلف این تحقیق را نشان می‌دهد. از میان محورهای مطالعاتی محور اول که هدف برآورد پتانسیل سیل‌خیزی در نقاط مختلف حوضه‌های مورد مطالعه است، مهم‌ترین بخش این تحقیق را شامل می‌شود.



شکل ۳-۱- نمودار جریانی مراحل انجام کار پایان‌نامه

۳-۲- جمع‌آوری داده‌ها و نقشه‌های منطقه مورد مطالعه

اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی کمی و کیفی سیلاب در منطقه مانند آمار بارش، دما، دبی روزانه و ماهانه ایستگاه‌های هیدرومتری و آنالیز کیفی ماهانه نمونه‌های آب از اداره امور آب شهرستان کاشان و شرکت آب منطقه‌ای اصفهان جمع‌آوری شدند. نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز از سازمان زمین‌شناسی و سازمان فضایی و نقشه راه‌های دسترسی به منطقه از نقشه راه‌های کشور تهیه گردید.

۳-۳-۳- برآزش توزیع‌های احتمال

وقوع یک متغیر تصادفی را با توزیع احتمال نشان می‌دهند. اگر یک توزیع بر مجموعه‌ای از داده‌های هیدرولوژیکی برازش داده شود بخش وسیعی از اطلاعات احتمالی در نمونه را می‌توان به طور فشرده در پارامترهای مربوط به آن خلاصه کرد. یکی از توزیع‌های تابع احتمال که داده‌های دبی اصولاً از آن تبعیت می‌کنند توزیع پیرسون نوع سوم می‌باشد (صفوی ۱۳۹۰).

٣-٣-١- توزيع نوع سوم پيرسون

توزیع نوع سوم پیرسون که به توزیع گامای سه پارامتری معروف است با سه پارامتر میانگین، انحراف معیار و ضریب چولگی می‌تواند توزیع احتمال داده‌ها را نشان دهد. این توزیع بیشتر برای تحلیل فراوانی سیلاب‌های حداکثر سالانه به کار می‌رود.

۳-۳-۲- توزیع لوگ پیرسون

توزیع لوگ پیرسون تیپ سه مشابه توزیع پیرسون تیپ سه می باشد؛ فقط در این توزیع لگاریتم داده های اولیه مورد استفاده قرار می گیرد. در مواقعی که لوگ داده ها در اطراف خود متقارن باشد، توزیع لوگ پیرسون به توزیع لوگ نرمال کاهش می یابد. این توزیع نیز مانند توزیع پیرسون تیپ سه در تحلیل داده های بیشینه سیلاب به کار می رود.

۳-۳-۳- توزیع نرمال

توزیع نرمال به توزیع گاوسین معروف و به شکل یک زنگوله متقارن است. توزیع نرمال در هیدرولوژی بیشتر برای داده‌های بارش سالانه به کار می‌رود (فروزنده ۱۳۸۷).

۳-۳-۴- توزیع لوگ نرمال

اصولاً داده‌های هیدرولوژیکی چولگی دارند؛ اگر از این داده‌ها لگاریتم گرفته شود نرمال خواهند شد. در

واقع توزیع لوگ‌نرمال همان توزیع نرمال است که از داده‌های اولیه لگاریتم گرفته شده است. از محدودیت‌های توزیع لوگ‌نرمال می‌توان به وجود دو پارامتر و همچنین متقارن بودن داده‌ها در اطراف میانگین اشاره نمود (فروزنده ۱۳۸۷).

۳-۳-۵- توزیع گامبل

توزیع گامبل بیشتر برای داده‌های با چولگی مثبت بکار می‌رود. این توزیع با استفاده از سه روش گرافیکی، ضرایب فراوانی و پارامترهای توزیع محاسبه می‌شود.

۳-۳-۶- توزیع لوگ لجستیک

در آمار، توزیع لوگ لجستیک یک توزیع پیوسته تصادفی غیرمنفی است. این توزیع بیشتر برای متغیرهایی که ابتدا روند افزایشی و بعد کاهشی دارند استفاده می‌رود.

از دیگر توزیع‌های آماری می‌توان به توزیع فرچت و توزیع بوئر اشاره نمود. این توزیع‌ها، بیشتر برای بارش حداکثر سالانه به کار می‌روند.

۳-۴- انتخاب روش مناسب برای تعیین ضریب رواناب

انتخاب روش مناسب عمدتاً به دو عامل منطقه‌ای نبودن روش (نداشتن ضرایب منطقه‌ای) و قابل دسترس بودن اطلاعات وابسته است. در این تحقیق از روش استدلالی استفاده شده است. روش استدلالی یکی از رایج‌ترین و ساده‌ترین روش‌های برآورد رواناب در حوضه‌ها می‌باشد. در این روش از معادله (۳-۱) استفاده می‌شود.

$$H_{runoff} = C \times P \quad ۱-۳$$

در رابطه بالا H_{runoff} ارتفاع رواناب بر حسب میلی‌متر، C ضریب رواناب (بدون بعد) و P مقدار بارندگی بر حسب میلی‌متر است.

در این روش پس از محاسبه ارتفاع باران و ارتفاع رواناب، ضریب رواناب با استفاده از معادله (۳-۱) محاسبه شد. پس از جمع‌آوری داده‌های دبی و بارش ایستگاه‌های هیدرومتری قمصر و قهرود جهت برآورد ضریب رواناب و ضریب تغذیه منطقه، از نرم‌افزار Sigmaplot استفاده شد. به‌منظور تعیین بهترین تابع توزیع آماری داده‌های دبی و دوره بازگشت سیلاب مربوط به حوضه‌های مورد مطالعه از نرم‌افزار Smada و Easyfit استفاده گردید.

۳-۵- ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی منطقه

به‌منظور ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی منطقه پس از انتخاب محل‌های نمونه‌برداری با توجه به راه‌های دسترسی به منطقه و عوامل مؤثر بر کیفیت آب، نمونه‌برداری در اواخر فصل تر سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ صورت گرفت. سپس جهت آنالیز نمونه‌های برداشتی، نمونه‌ها به آزمایشگاه دامغان فرستاده شدند. همچنین جهت بررسی روند تغییرات پارامترهای شیمیایی کیفیت آب از داده‌های اداره امور آب شهرستان کاشان استفاده گردید. پس از وارد کردن داده‌ها به نرم‌افزار هیدروژئوشیمی و AQQA نمودارهای مربوط به کیفیت آب ترسیم و تفسیر گردید.

۳-۶- تولید لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز

جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر کمیت سیلاب، اطلاعات جمع‌آوری شده با فرمت مناسب وارد نرم‌افزار GIS شدند. اطلاعات آماری با فرمت اکسل (XLS) و اطلاعات تصویری با فرمت JPEG بودند. سپس با توجه به نقشه‌های پایه و آمار موجود اقدام به تهیه لایه‌های اطلاعاتی ذکر شده گردید. نرم‌افزارهای مختلفی که جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و تولید لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده در جدول (۳-۱) ذکر شده‌اند.

جدول ۳-۱- لیست نرم‌افزارهای استفاده شده

نرم‌افزار	کاربرد
SMADA, EASYFIT	محاسبه دوره بازگشت و تعیین توزیع تابع آماری
Sigma Plot, AQQA	ترسیم نمودارهای کیفیت آب، برآورد ضریب رواناب و ترسیم نمودارهای مربوطه
ArcGIS10	تهیه نقشه‌ها با استفاده از توابع و دستورالعمل‌های مختلف
ENV14.8	اعمال فیلتر مناسب و تهیه لایه پوشش گیاهی
Google Earth	تهیه لایه پوشش گیاهی و لایه پوشش موجود بر روی واحدهای سنگی
Global Mapper13	تهیه نقشه توپوگرافی

مرحله دوم کار تولید لایه‌های اطلاعاتی باران، سنگ‌شناسی، مواد منفصل بر روی واحدهای سنگی، پوشش گیاهی و شیب با استفاده از اطلاعات ورودی به نرم‌افزار GIS می‌باشد.

۳-۷- طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی مؤثر بر شدت سیل‌خیزی شامل سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی، پوشش مواد منفصل بر روی واحدهای سنگی، شیب و بارش، لازم است این لایه‌ها با هم تلفیق شوند. به‌منظور تلفیق لایه‌های اطلاعاتی فوق‌الذکر ابتدا بایستی لایه‌ها را به یک مقیاس واحد تبدیل نمود. این لایه‌ها بر اساس عوامل مختلف بر کمیت سیلاب تعیین شده‌اند. بر اساس نظر کارشناسی این لایه‌ها مقیاس‌بندی و به فواصل مساوی تقسیم شدند؛ که نشان‌گر آن است که هر موقعیت (پیکسل) تا چه اندازه بر کمیت سیلاب مؤثر می‌باشد. ارزش‌های بالاتر به گروه‌هایی داده شد که تأثیر بیشتری روی کمیت سیلاب داشتند.

۳-۸- امتیازدهی لایه‌های اطلاعاتی

مهم‌ترین مرحله کار تعیین اهمیت نسبی پارامترهای مؤثر بر کمیت سیلاب و ارزش‌دهی مناسب به هر یک از آن‌هاست. از جمله روش‌های مختلفی که برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مکانیابی وجود دارد،

می‌توان به روش‌های داده محور که بر پایه داده‌ها هستند و روش کارشناس محور که بر اساس نظر کارشناس هستند اشاره نمود. روش داده محور در مدل تجزیه و تحلیل شبکه‌های عصبی و روش کارشناس محور در مدل فازی کاربرد دارند. در این مطالعه از نظر کارشناسی استفاده شده است.

۳-۹- هم‌پوشانی و تلفیق لایه‌ها و تهیه نقشه معیار

برای تلفیق داده‌ها در مطالعات مکانیابی می‌توان از روش داده محور یا کارشناس محور استفاده نمود. به منظور اعمال تحلیل‌های تصمیم‌گیری، ارزش‌های موجود در نقشه معیار تغییر داده می‌شوند و تبدیل به واحدهای قابل مقایسه می‌شوند؛ یعنی جهت تلفیق لایه‌ها بایستی مقیاس معیارها یکسان‌سازی شود. وزن هر معیار نشان‌دهنده اهمیت و ارزش آن معیار نسبت به سایر معیارها در فرآیند پهنه‌بندی است. با توجه به اینکه میزان تأثیر هر پارامتر در هدف مورد نظر متفاوت است، اهمیت این مرحله از کار قبل از تلفیق نقشه‌های معیار مشخص می‌گردد. اصولاً بر اساس نظر کارشناس و با در نظر گرفتن عوامل مختلف مانند محدوده‌های مطالعاتی، به پارامترهای مورد نظر ارزشی اختصاص داده می‌شود. در این تحقیق از دو روش وزن‌دهی کارشناسی و سیستماتیک استفاده شده است. در روش کارشناسی نظر کارشناس بیشتر اعمال و در روش تحلیل سلسله مراتبی نظر کارشناس کمتر اعمال شده است و در نهایت نتایج حاصله با هم مقایسه شده‌اند.

۳-۹-۱- وزن‌دهی کارشناسی

در این روش بر اساس نظر کارشناس و در یک مقیاس مشخص برای مثال صفر تا ۱۰۰، وزن معیار برآورد می‌شود. بدین صورت از تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود این ۱۰۰ امتیاز را بین معیارهای مختلف تقسیم نماید. امتیاز صفر به معنای صرف‌نظر کردن از آن امتیاز و امتیاز ۱۰۰ برای معیاری به کار می‌رود که اگر فقط یک معیار وجود داشته باشد همان معیار مورد توجه قرار گیرد.

۳-۹-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یا AHP برای اولین بار توسط ساعتی (Saaty 1986) طراحی شد. این روش برای حل مسائل چند متغیره کاربرد دارد و ارزش‌های اختصاص یافته با استفاده از مقیاسی که توسط ساعتی در محدوده یک تا نه طراحی شده است، استفاده می‌شود (این مقیاس در جدول ۳-۲ ارائه شده است).

جدول ۳-۲- ارزش‌های اختصاص یافته در روش تحلیل سلسله مراتبی

عبارت زبانی برای تعیین ارجحیت	مقدار عددی
ارجحیت با اهمیت کامل و مطلق	۹
ارجحیت با اهمیت خیلی قوی	۷
ارجحیت با اهمیت قوی	۵
ارجحیت با اهمیت کم	۳
ارجحیت با اهمیت برابر	۱

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، متغیرهای عناصر در هر سطح نسبت به هر عنصر در سطح بالاتر به صورت دو به دو مقایسه می‌شود؛ که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌گویند و با تلفیق وزن‌های نسبی وزن مطلق پارامتر مورد نظر محاسبه می‌شود. ابتدا با استفاده از نظر کارشناس به لایه‌های مختلف ارزش‌های نسبی مختلف اعمال و نهایتاً وزن نهایی هر لایه به صورت دو به دو اعمال شد.

بر اساس هر یک از این وزن‌دهی‌ها منطقه از لحاظ سیل‌خیزی به بخش‌های مختلف تقسیم‌بندی شد.

فصل چهارم: ارزیابی کمی و کیفی سیلاب

در حوضه‌های قمصر و قهرود

۴-۱- مقدمه

به منظور ارزیابی کمی و کیفی سیلاب، برآورد ضریب رواناب، ضریب تغذیه سالانه و شناسایی مناطقی که از لحاظ سیل‌خیزی پتانسیل بیشتری دارند، از داده‌های اداره امور آب شهرستان کاشان، سازمان آب منطقه‌ای اصفهان، تصاویر ماهواره‌ای لندست و ماهواره هند استفاده گردید. در این بخش سعی شده است با استفاده از اصول سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در سیل‌خیزی منطقه تهیه و اقدام به پردازش، وزن‌دهی و هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی گردد؛ همچنین به کمک نرم‌افزارهای آماری، ضریب رواناب، ضریب تغذیه و حجم رواناب محاسبه شود. سیستم اطلاعات جغرافیایی این امکان را در اختیار ما قرار می‌دهد تا با تلفیق لایه‌های مختلف ضمن تسریع کار مقدار خطا را کاهش داده و با استفاده از سیستم سنجش از دور اطلاعات مورد نیاز برای لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای مؤثر بر سیل‌خیزی را فراهم نمود. به‌طور کلی در این روش لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای مؤثر بر سیل‌خیزی در نرم‌افزار GIS تهیه و به هر عامل در هر لایه ارزش داده شد؛ سپس با وزن حاصل از نظر کارشناس، لایه‌ها با هم تلفیق شدند و منطقه از لحاظ سیل‌خیزی پهنه‌بندی شد.

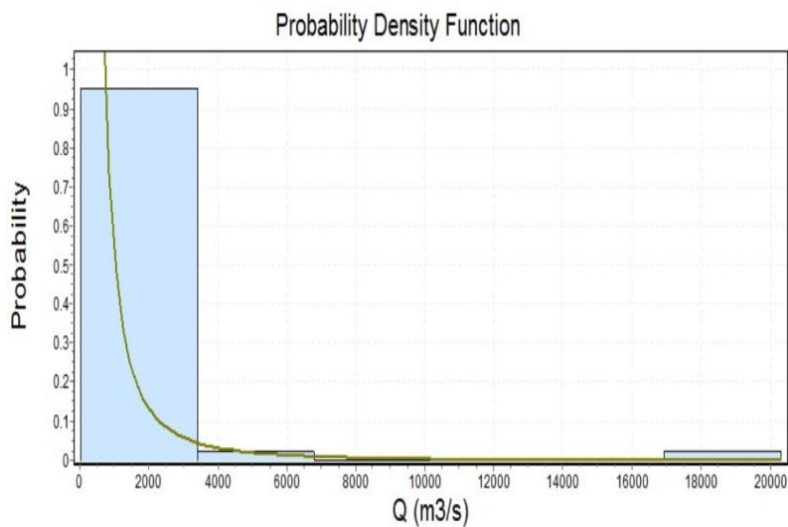
در این فصل، در بخش اول مختصری درباره نحوه تعیین توزیع آماری مناسب برای داده‌های رواناب در حوضه‌های قمصر و قهرود ارائه شده است. در بخش دوم نحوه برآورد ضریب‌های رواناب و تغذیه سالانه در

حوضه‌های مورد مطالعه اشاره خواهد شد. در بخش سوم کیفیت سیلاب، پارامترهای شیمیایی و روند تغییرات هدایت الکتریکی در طی سال‌های گذشته بررسی شدند. در خاتمه با استفاده از GIS عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی منطقه مشخص و منطقه از لحاظ سیل‌خیزی بررسی شد.

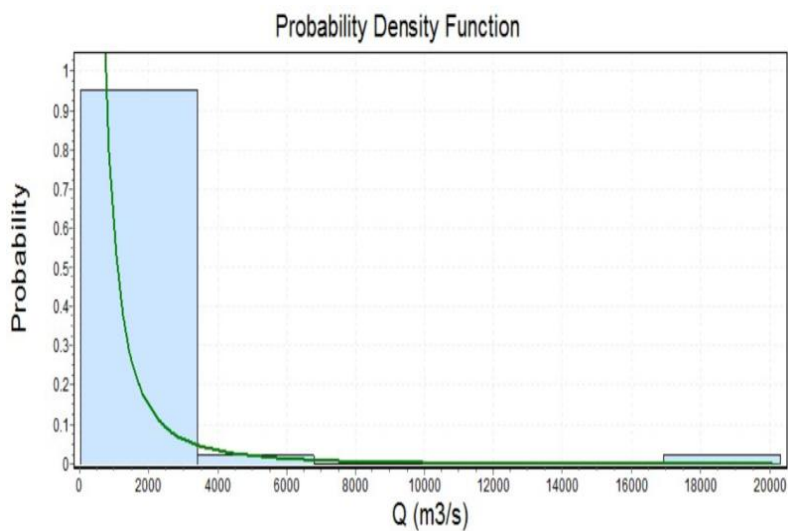
۴-۲- برازش توزیع احتمال

به‌منظور برازش بهترین توزیع احتمال بر داده‌های دبی ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه از نرم‌افزارهای Smada و Easyfit استفاده شده است. در روش گرافیکی (نرم‌افزار Smada) خط توزیع تجربی (رابطه ویبول) با خط توزیع تئوری (بر اساس توزیع مورد نظر) مقایسه می‌شود و هر توزیعی که بیشترین انطباق دو خط را نشان دهد به عنوان مناسب‌ترین توزیع فراوانی انتخاب می‌گردد. در این روش پس از وارد کردن داده‌های دبی روزانه به نرم‌افزار، بهترین توزیع آماری مشخص شد. جهت اطمینان بیشتر داده‌های فصل‌تر و خشک یک‌بار به صورت جداگانه و یک‌بار با هم برازش داده شدند. بر اساس تحلیل‌های بدست آمده در نرم‌افزار Smada، بهترین توزیع‌ها به ترتیب توزیع پیرسون نوع سوم و توزیع لوگ پیرسون تیپ سه می‌باشند. برای دستیابی به بهترین برازش، داده‌های مربوط به توزیع آماری دبی حداکثر روزانه ایستگاه‌ها در طی سال‌های آماری ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۲ به نرم‌افزار وارد شدند و بهترین توزیع‌ها مشخص گردیدند. شکل (۴-۱) برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قمصر در نرم‌افزار Easyfit و شکل (۴-۲) برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه این حوضه را در نرم‌افزار Smada نشان می‌دهد.

بهترین برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قمصر، توزیع بوئر چهار پارامتری ((Burr (4P) و توزیع لوگ پیرسون تیپ سه می‌باشد که به ترتیب در نرم‌افزارهای Easyfit و Smada نشان داده شده است. این توزیع بیشتر برای داده‌های غیرنرمال کاربرد دارد. از آنجایی که دبی روزانه‌ی ایستگاه‌های نمونه‌برداری روند نرمالی ندارند، این نوع توزیع بهترین برازش را نشان داده است.

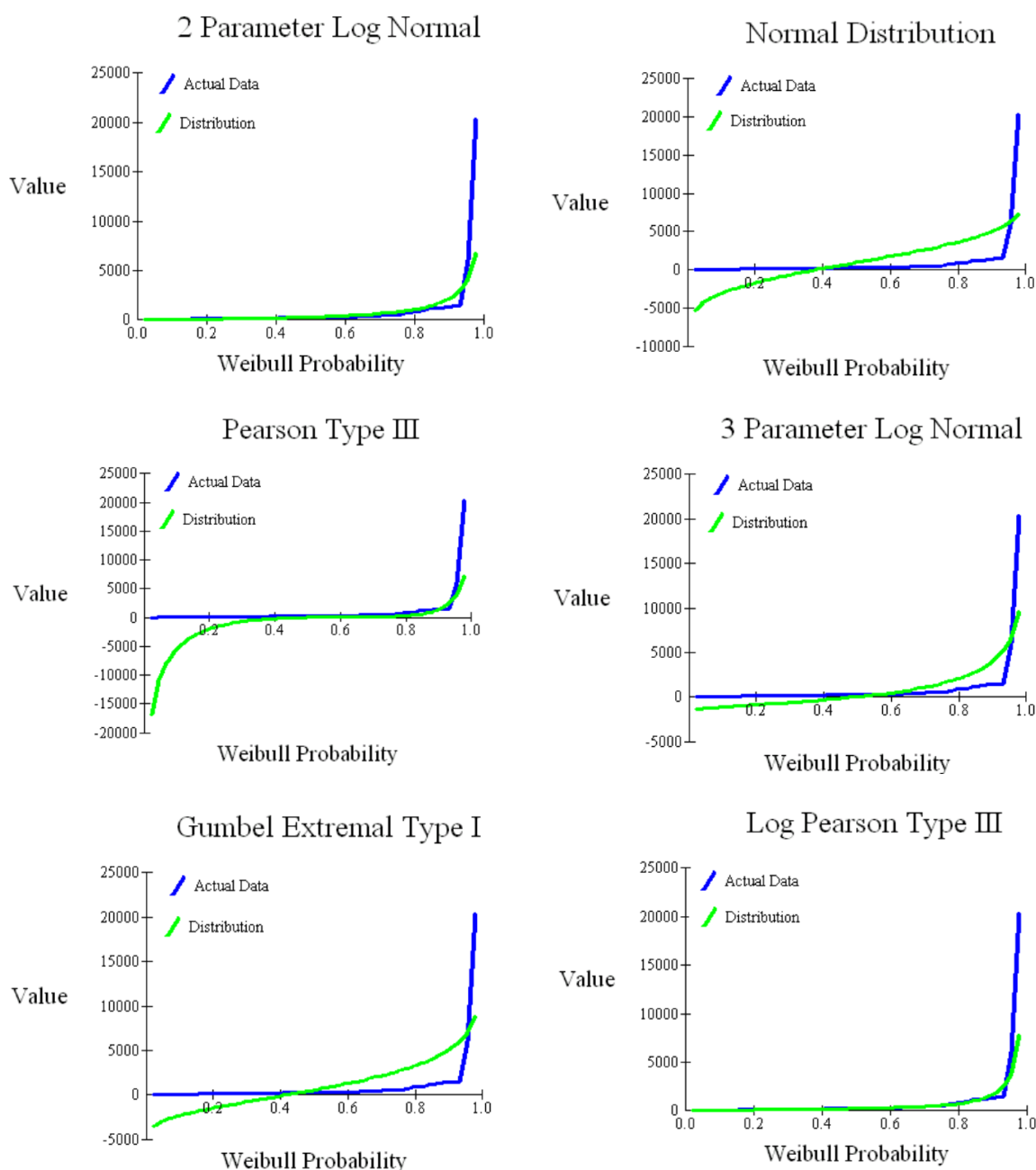


الف



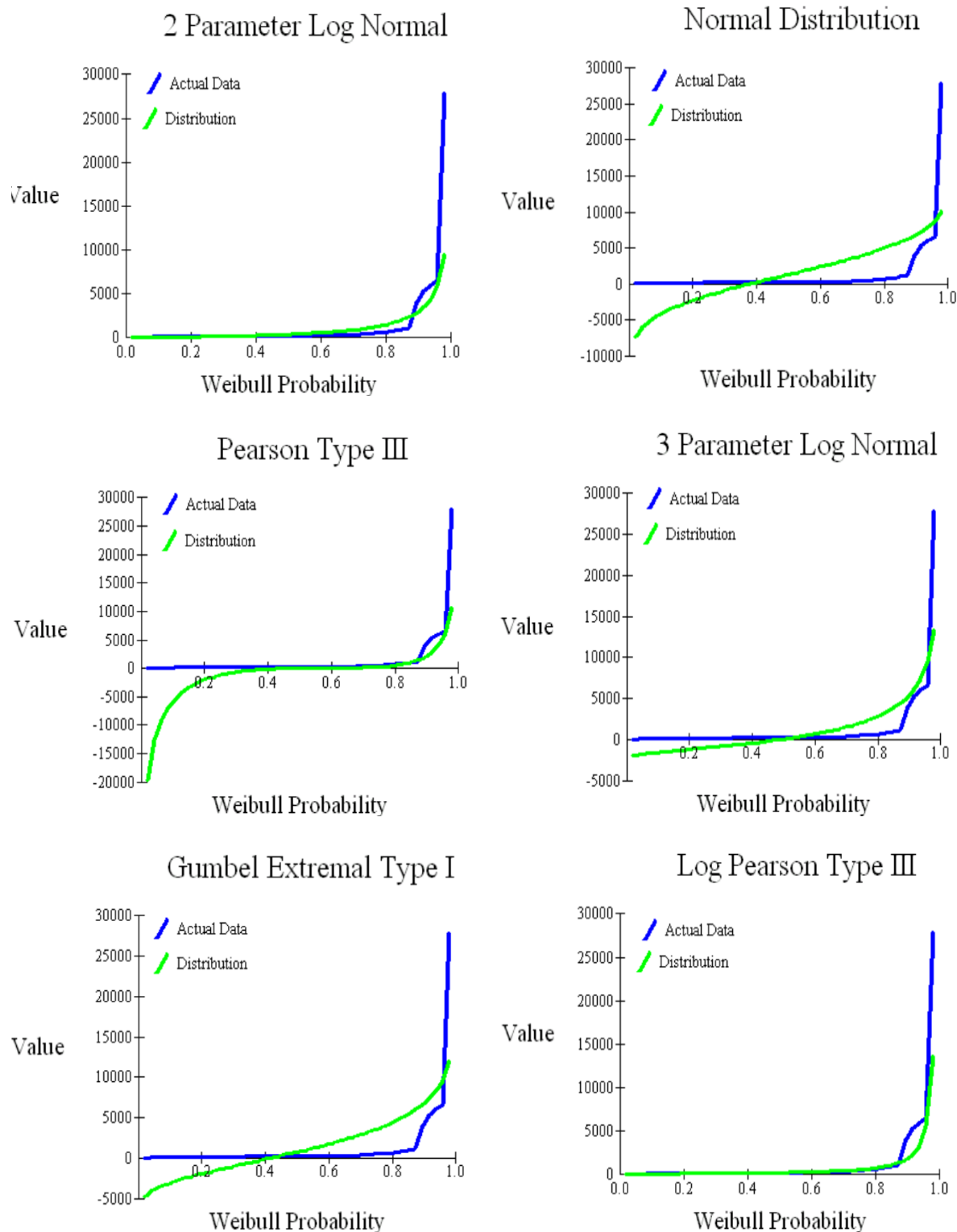
ب

شکل ۴-۱- برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قمصر در نرم‌افزار Easyfit
(الف) توزیع بوئر، (ب) توزیع لوگ لجستیک سه پارامتری

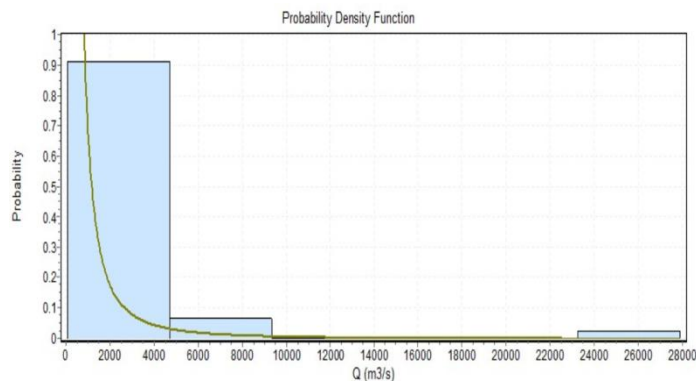


شکل ۴-۲- برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قمصر در نرم‌افزار Smada

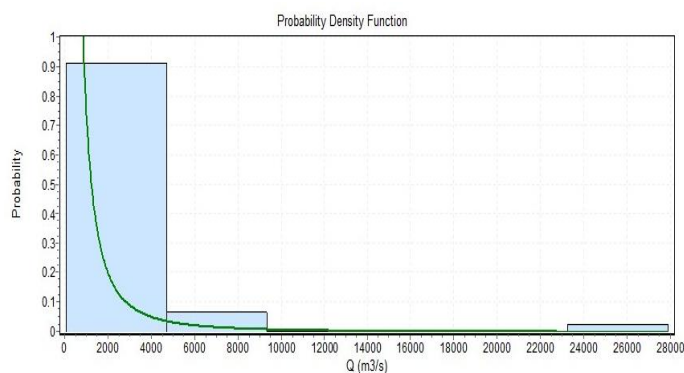
برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قهرود در نرم‌افزار Smada و نرم‌افزار Easyfit به ترتیب در شکل‌های (۴-۳) و (۴-۴) نشان داده شده است.



شکل ۴-۳- برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قهرود در نرم‌افزار Smada



الف

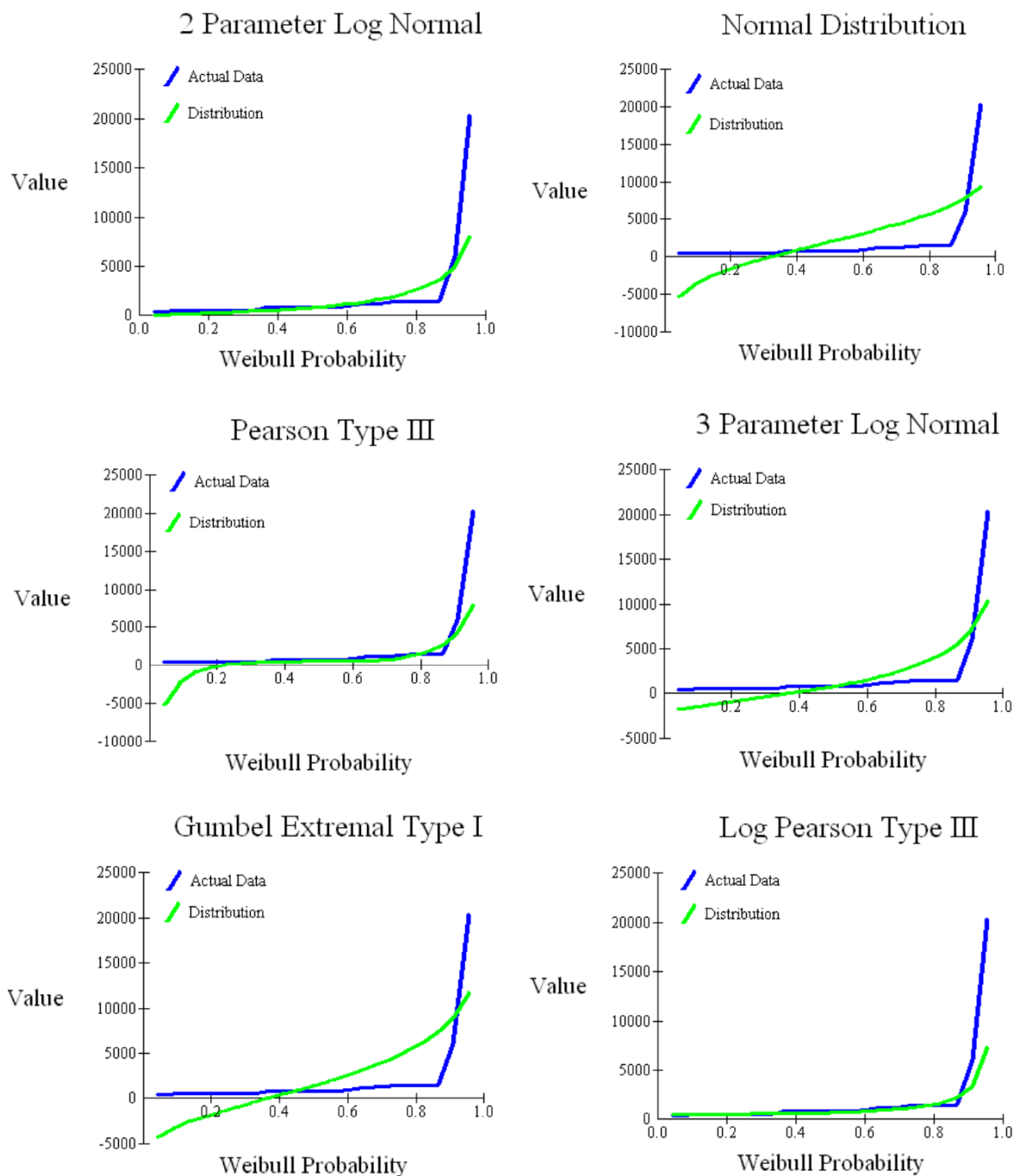


ب

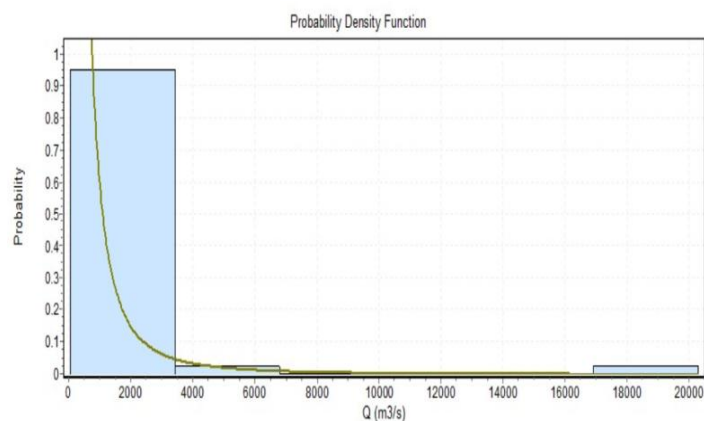
شکل ۴-۴- برازش توزیع آماری دبی حداکثر سالانه حوضه قهرود در نرم‌افزار Easyfit
(الف) توزیع بوئر، (ب) توزیع فرچت

نتایج بدست آمده از هر دو نرم‌افزار Smada و Easyfit بهترین برازش را توزیع لوگ پیرسون تیپ سه و توزیع بوئر در حوضه قهرود نشان دادند. این نوع توزیع نیز مانند توزیع‌های برازش یافته در حوضه قمصر به دلیل نرمال نبودن داده‌های دبی به عنوان بهترین برازش انتخاب شده است.

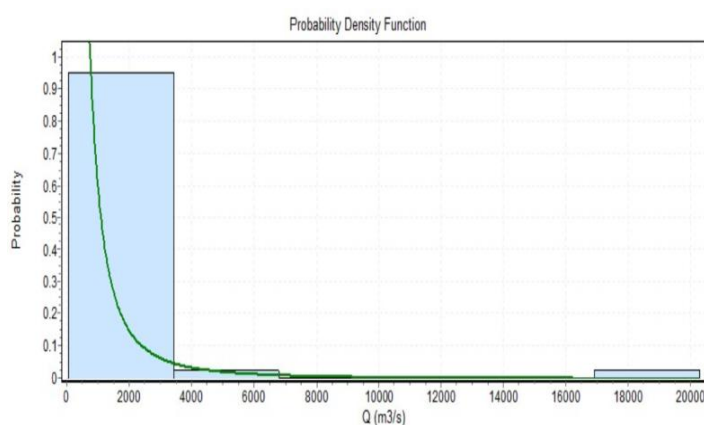
همچنین دبی سیلابی ایستگاه‌ها به صورت جداگانه به نرم‌افزارهای فوق وارد شده و بهترین توزیع‌ها مشخص گردیدند. برازش آماری دبی سیلابی حوضه قمصر در نرم‌افزارهای Smada و Easyfit به ترتیب در شکل‌های (۴-۵ و ۴-۶) آورده شده است.



شکل ۴-۵- برازش آماری دبی سیلابی حوضه قمصر در نرم‌افزار Smada



الف

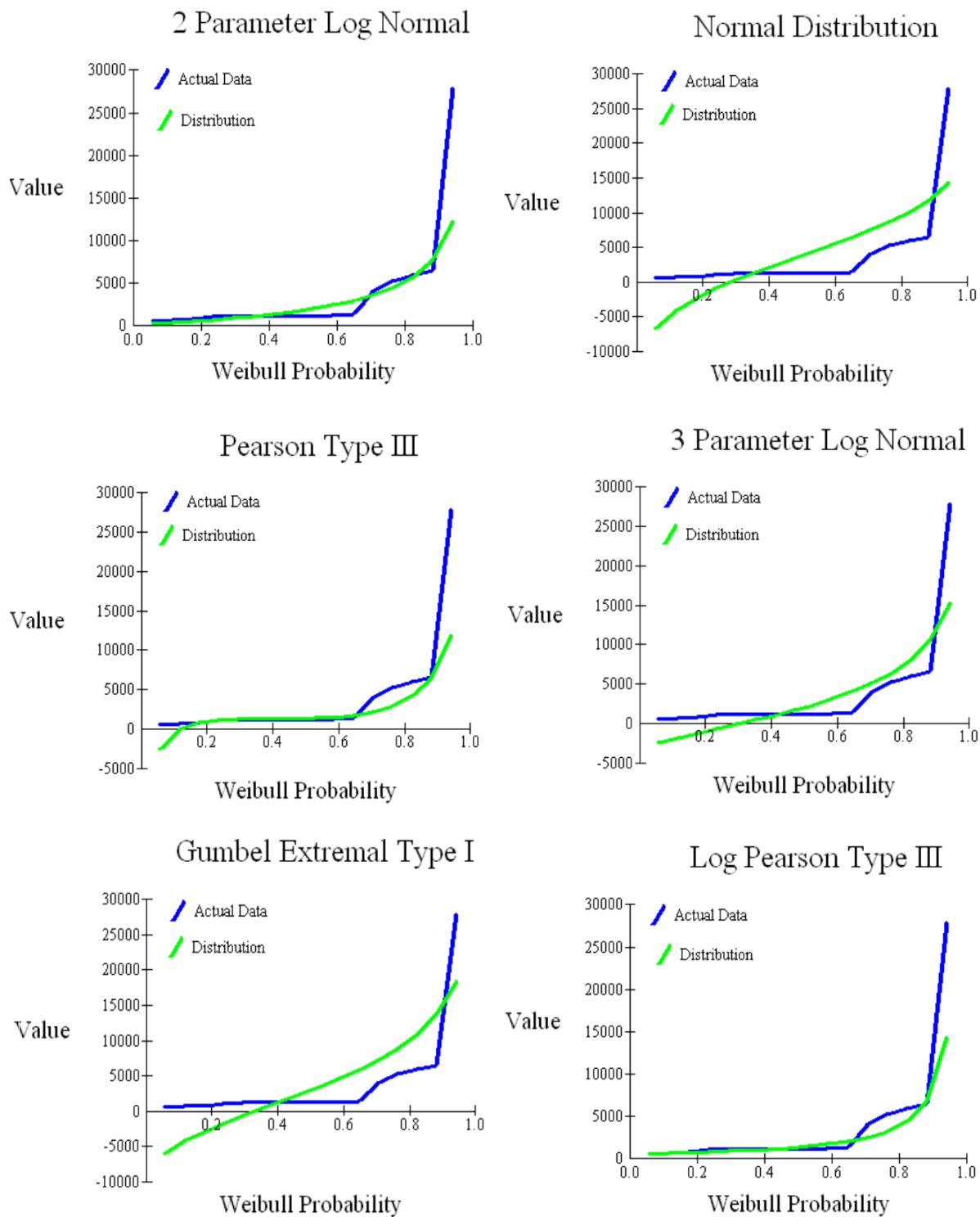


ب

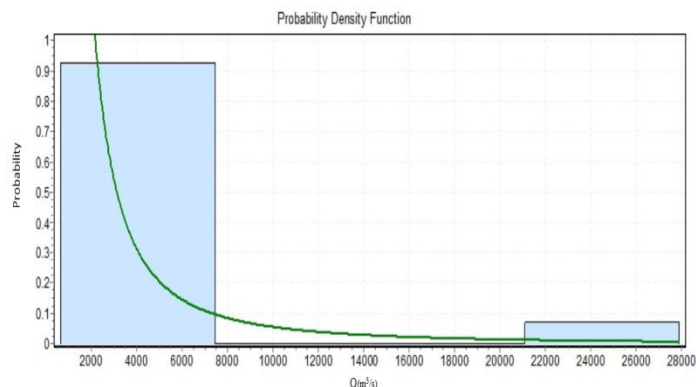
شکل ۴-۶- برازش آماری دبی سیلابی حوضه قمصر در نرم‌افزار Easyfit
(الف) بوئر، (ب) لوگ لاجستیک

نتایج بدست آمده از نرم‌افزارهای Smada و Easyfit نشان می‌دهد که بهترین توزیع برای داده‌های دبی سیلابی در حوضه قمصر به ترتیب توزیع لوگ پیرسون و توزیع بوئر می‌باشد.

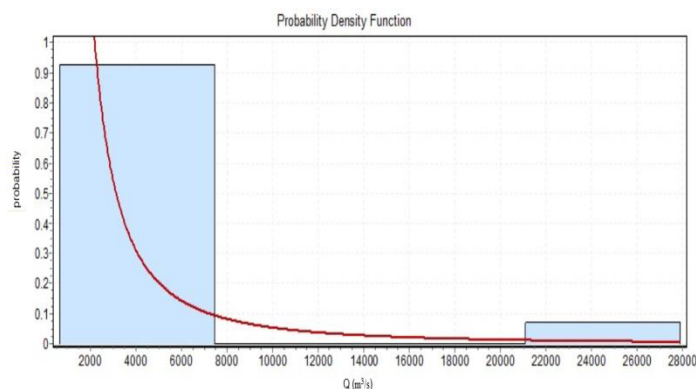
نتایج نرم‌افزار Smada و Easyfit برای برازش دبی سیلابی حوضه قهرود به ترتیب در شکل‌های (۴-۷ و ۴-۸) نشان داده شده است.



شکل ۷-۴- برآزش آماری دبی سیلابی حوضه قهرود در نرم‌افزار Smada



الف



ب

شکل ۴-۸- برازش آماری دبی سیلابی حوضه قهرود در نرم‌افزار Easyfit
الف) فرچت، ب) پیرسون سه پارامتری

همان طور که در شکل‌های (۴-۷ و ۴-۸) مشاهده می‌شود بهترین توزیع برازش یافته دبی سیلابی در نرم‌افزارهای Smada و Easyfit در قهرود به ترتیب توزیع لوگ پیرسون تیپ سه و توزیع فرچت می‌باشد. از آن جایی که Smada نرم‌افزاری گرافیکی بوده و امکان خطای دید را برای کاربر به وجود می‌آورد، جهت کنترل این خطا از نرم‌افزار Easyfit استفاده گردید. در جدول (۴-۱ و ۴-۲) میزان خطای هر نوع توزیع در دو نرم‌افزار Smada و Easyfit آورده شده است.

جدول ۴-۱- میزان خطای برازش تابع توزیع دبی حداکثر روزانه در حوضه‌های قمصر و قهرود

نام حوضه	توزیع برازش یافته	میزان خطا	نام حوضه	توزیع برازش داده	میزان خطا
قمصر	لوگ پیرسون تیپ سه	۰/۱۰۷	قهرود	لوگ پیرسون تیپ سه	۰/۱۳۴
	پیرسون تیپ سه	۰/۱۰۹		پیرسون تیپ سه	۰/۱۵۹
	لوگ نرمال	۰/۱۳۲		لوگ نرمال سه پارامتری	۰/۱۸۶
	لوگ نرمال سه پارامتری	۰/۳۹۶		لوگ نرمال	۰/۲۲۹
	نرمال	۰/۱۳۹		نرمال	۰/۴۰۹
	گامبل	۰/۴۳۳		گامبل	۰/۴۳۵
	بوئر چهار پارامتری	۰/۰۹۱۵		بوئر	۰/۱۴۹
	لوگ لجستیک سه پارامتری	۰/۰۹۱۷		فرچت	۰/۱۵۰

جدول ۴-۲- میزان خطای برازش تابع توزیع سیلاب حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	توزیع برازش یافته	میزان خطا	نام حوضه	توزیع برازش داده	میزان خطا
قمصر	لوگ پیرسون تیپ سه	۰/۱۰۷	قهرود	لوگ پیرسون تیپ سه	۰/۱۷۷
	پیرسون تیپ سه	۰/۱۱۱		پیرسون تیپ سه	۰/۲۲۹
	لوگ نرمال	۰/۱۳۲		لوگ نرمال سه پارامتری	۰/۱۹۰
	لوگ نرمال سه پارامتری	۰/۱۹۹		لوگ نرمال	۰/۲۹۸
	نرمال	۰/۳۹۶		نرمال	۰/۳۰۵
	گامبل	۰/۴۳۳		گامبل	۰/۳۴۰
	بوئر چهار پارامتری	۰/۰۹۱۵		فرچت سه پارامتری	۰/۱۷۷
	لوگ لجستیک سه پارامتری	۰/۰۹۱۷		پیرسون تیپ پنج	۰/۱۷۹

استفاده از دو نرم‌افزار Smada و Easyfit معایب و مزایای خود را دارند. از معایب نرم‌افزار Smada می‌توان به تشخیص بهترین برازش با چشم (خطای دید) و از مزایای آن به مرسوم‌تر بودن توزیع‌های آماری در هیدرولوژی و کاهش خطا در پیش‌بینی دبی سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف اشاره نمود. تنوع زیاد توزیع‌های آماری و مرسوم نبودن آن‌ها در هیدرولوژی از معایب نرم‌افزار Easyfit و عدم وجود خطای چشم در تشخیص بهترین برازش از مزایای این نرم‌افزار به حساب می‌آیند.

۴-۳- تحلیل فراوانی

در تحلیل فراوانی داده‌های هیدرولوژیکی از روش ترسیمی برای توزیع تجمعی داده‌ها و از روش پارامترهای فراوانی جهت برازش تابع توزیع احتمالاتی استفاده می‌گردد. در روش ترسیمی برای متغیرهای هیدرولوژیکی مانند سیلاب سالیانه، فراوانی نسبی محاسبه و فراوانی نسبی داده‌های هیدرولوژیکی مانند دبی سیلاب به ترتیب نزولی مرتب شد؛ سپس شماره هر مقدار تعیین و فراوانی‌های آن با معادله ویبول (Weibull) بدست آمد. دوره بازگشت در هیدرولوژی در واقع عکس فراوانی نسبی است. معادله ویبول به صورت $\frac{M}{N+1}$ تعریف می‌شود. در این معادله N تعداد کل سال‌های آماری اندازه‌گیری شده و M شماره مقدار ثبت شده است.

برای محاسبه دوره بازگشت در این تحقیق حداکثر دبی روزانه حوضه‌های مورد بررسی با انواع مختلف توزیع‌های آماری در نرم‌افزار Smada برازش داده شد. سپس با استفاده از هر یک از این توزیع‌های آماری در دوره بازگشت‌های مختلف حداکثر دبی روزانه محاسبه گردید. نتایج بدست آمده از محاسبه‌های انجام شده در جدول‌های (۴-۳) و (۴-۴) آورده شده است.

جدول ۳-۴- دبی اوج روزانه بر حسب لیتر بر ثانیه محاسبه شده با استفاده از توزیع‌های مختلف در حوضه آبرگیر قمصر

دوره بازگشت	توزیع‌های آماری					
	گامبل	لوگ پیرسون تیپ سه	پیرسون تیپ سه	سه پارامتری لوگ نرمال	دو پارامتری لوگ نرمال	نرمال
۲	۵۹۹/۷۶	۲۶۲/۲۸	۷۶/۸۲	۷۶/۴۲	۳۱۸/۱۷	۱۰۳۲/۸۸
۳	۱۹۰۵/۶۶	۴۵۳/۱۰	۱۱۱/۵۴	۹۳۲/۲۲	۶۱۶/۶۷	۲۴۰۸/۳۸
۵	۳۳۵۳/۸۳	۸۳۴/۲۴	۳۵۹/۲۲	۲۱۴۲/۷۱	۱۱۵۷/۳۶	۳۷۱۷/۰۲
۱۰	۵۱۷۷/۲۶	۱۷۸۵/۵۸	۱۵۲۹/۹۶	۴۰۸۵/۴۶	۲۲۷۴/۵۵	۵۱۲۱/۴۲
۲۵	۷۴۸۱/۱۸	۴۵۷۷/۰۳	۴۵۹۸/۸۳	۷۲۷۰/۴۳	۴۶۷۴/۱۴	۶۶۱۸/۵۸
۵۰	۹۱۹۰/۳۶	۹۰۷۰/۳۹	۷۹۷۶/۹۸	۱۰۲۱۸/۳۶	۷۴۴۲/۴۶	۷۵۸۵/۴۷
۱۰۰	۱۰۸۸۶/۹۱	۴۱۷۷۰۴/۴۸	۱۲۱۸۰/۵۴	۱۳۶۹۵/۱۷	۱۱۳۰۸/۲۱	۸۴۵۵/۰۱
۲۰۰	۱۲۵۷۷/۲۸	۳۴۱۹۸/۱۸	۱۷۱۴۴/۷۹	۱۷۷۶۴/۱۱	۱۶۵۸۲/۳۰	۹۲۵۰/۷۳
۲۵۰	۱۳۱۲۰/۷۰	۴۲۲۰۰/۴۰	۱۸۸۹۵/۵۸	۱۹۲۱۱/۰۷	۱۸۶۴۰/۰۴	۹۴۹۳/۸۸
۵۰۰	۱۴۸۰۷/۴۲	۸۰۷۶۶/۷۰	۲۴۷۸۴/۰۱	۲۴۱۶۸۵۲/۵۲	۲۶۳۶۹/۴۳	۱۰۲۱۴/۹۴

جدول ۴-۴- دبی اوج روزانه بر حسب لیتر بر ثانیه محاسبه شده با استفاده از توزیع‌های مختلف در حوضه آبرگیر قهرود

دوره بازگشت	توزیع‌های آماری					
	گامبل	لوگ پیرسون تیپ سه	پیرسون تیپ سه	سه پارامتری لوگ نرمال	دو پارامتری لوگ نرمال	نرمال
۲	۷۹۰/۹۳	۲۵۵/۶۴	۷۰/۹۸	۸۸/۴۱	۴۱۸/۰۳	۱۳۷۰/۰۳
۳	۲۵۱۷/۳۴	۴۲۸/۴۸	۱۰۶/۳۱	۱۲۴۱/۴۳	۸۱۲/۳۷	۳۲۱۳/۸۰
۵	۴۴۳۱/۸۰	۸۱۰/۵۹	۵۲۷/۲۴	۲۸۶۹/۵۳	۱۵۲۸/۵۳	۴۹۶۷/۹۵
۱۰	۶۸۴۲/۳۸	۱۹۲۲/۵۶	۲۲۴۴/۲۶	۵۴۷۷/۹۸	۳۰۱۲/۲۲	۶۸۵۰/۴۷
۲۵	۹۸۸۸/۱۴	۶۰۷۱/۴۸	۶۵۰۹/۴۵	۹۷۴۶/۳۳	۶۲۰۸/۰۶	۸۸۵۷/۳۱
۵۰	۱۲۱۴۷/۶۷	۱۴۶۴۹/۳۸	۱۱۰۹۹/۳۱	۱۳۶۹۰/۹۵	۹۹۰۳/۴۵	۱۰۱۵۳/۳۶
۱۰۰	۱۴۳۹۰/۵۱	۳۵۷۴۰/۲۳	۱۶۷۴۶/۰۲	۱۸۳۳۷/۸۴	۱۵۰۷۲/۹۱	۱۱۳۱۸/۹۴
۲۰۰	۱۶۶۲۵/۱۷	۸۸۲۲۶/۰۷	۲۳۳۶۲/۹۰	۲۳۷۷۰/۳۳	۲۲۱۳۷/۰۲	۱۲۳۸۵/۵۴
۲۵۰	۱۷۳۴۳/۵۶	۱۱۸۳۱۵/۵	۲۵۶۸۷/۳۵	۲۵۷۰۰/۹۵	۲۴۸۹۵/۸۲	۱۲۷۱۱/۴۷
۵۰۰	۱۹۵۷۳/۴۱	۲۹۶۷۵۵/۹۰	۳۳۴۷۹/۴۷	۳۲۳۱۱/۲۷	۳۵۲۶۸/۶۲	۱۳۶۷۸/۰۱

به منظور تعیین دبی سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه، دبی سیلاب‌هایی که در طی چند سال گذشته رخ داده است وارد نرم افزار Smada گردید و با توجه به اینکه از چه نوع توزیعی تبعیت می‌کنند میزان دبی‌های پیش‌بینی شده در جدول‌های (۴-۵ و ۴-۶) آورده شده است.

جدول ۵-۴- دبی سیلاب بر حسب لیتر بر ثانیه محاسبه شده با استفاده از توزیع‌های مختلف در حوضه آبرگیر قمصر

دوره بازگشت	توزیع‌های آماری					
	گامبل	لوگ پیرسون تیپ سه	پیرسون تیپ سه	سه پارامتری لوگ نرمال	دو پارامتری لوگ نرمال	نرمال
۲	۲۶۸۶/۳۱	۱۲۲۷/۶۳	۳۲۵۲/۲۹	۲۱۲۰/۶۲	۱۸۳۸/۲۱	۳۴۷۲/۳۵
۳	۵۶۹۴/۲۳	۲۰۷۰/۶۵	۷۰۰۹/۵۱	۴۲۴۳/۳۹	۲۹۸۹/۵۹	۵۸۷۱/۸۷
۵	۹۰۲۹/۸۰	۳۸۱۹/۷۲	۱۱۱۷۶/۰۱	۶۸۱۳/۱۷	۴۷۴۸/۵۵	۸۱۵۴/۷۴
۱۰	۱۳۲۲۹/۷۴	۸۴۵۸/۶۱	۱۶۴۲۲/۱۹	۱۰۳۳۳/۵۴	۷۸۰۲/۱۹	۱۰۶۰۴/۶۹
۲۵	۱۸۵۳۶/۳۸	۲۳۴۶۱/۴۲	۲۳۰۵۰/۷۶	۱۵۲۰۵/۹۳	۱۳۲۴۶/۹۱	۱۳۲۱۶/۴۳
۵۰	۲۲۴۷۳/۱۶	۵۰۲۳۴/۰۷	۲۷۹۶۸/۲۲	۱۹۱۲۵/۴۹	۱۸۶۴۶/۰۳	۱۴۹۰۳/۱۴
۱۰۰	۲۶۳۸۰/۸۶	۱۰۷۱۸۷/۵۰	۳۲۸۴۹/۳۷	۲۳۲۸۱/۸۲	۲۵۳۵۷/۷۵	۱۶۴۲۰/۰۴
۲۰۰	۳۰۲۴۷/۲۹	۲۲۸۵۶۱/۳۰	۳۷۷۱۲/۷۰	۲۷۶۹۸/۳۷	۳۳۵۹۶/۷۹	۱۱۷۸۰۸/۱۴
۲۵۰	۳۱۵۲۵/۹۶	۲۹۱۷۰۴/۸۰	۳۹۲۷۶/۱۷	۲۹۱۷۸/۸۵	۳۶۶۱۲/۹۸	۱۸۲۳۲/۳۱
۵۰۰	۳۵۴۱۱/۰۲	۶۲۳۱۰۴/۹۰	۴۴۱۲۹/۰۳	۳۳۹۶۹/۵۰	۴۷۲۴۵/۳۱	۱۹۴۹۰/۱۸

جدول ۴-۶- دبی سیلاب بر حسب لیتر بر ثانیه محاسبه شده با استفاده از توزیع‌های مختلف در حوضه آبرگیر قهرود

دوره بازگشت	توزیع‌های آماری					
	گامبل	لوگ پیرسون تیپ سه	پیرسون تیپ سه	سه پارامتری لوگ نرمال	دو پارامتری لوگ نرمال	نرمال
۲	۳۲۵۲/۲۹	۱۵۷۴/۵۲	۱۵۴۴/۶۸	۲۳۸۴/۵۹	۲۱۸۲/۵۰	۴۲۵۵/۷۷
۳	۷۰۰۹/۵۱	۲۵۶۰/۸۴	۲۱۸۷/۷۵	۴۹۵۷/۵۴	۳۵۹۲/۳۷	۷۳۲۷/۷۳
۵	۱۱۱۷۶/۰۱	۴۵۶۷/۵۱	۴۱۲۱/۱۰	۸۱۷۴/۵۰	۵۷۷۱/۴۷	۱۰۲۵۰/۳۷
۱۰	۱۶۴۲۲/۱۹	۹۷۷۶/۱۳	۸۴۷۳/۷۷	۱۲۷۲۸/۴۲	۹۵۹۹/۹۵	۱۳۳۸۶/۹۱
۲۵	۲۳۰۵۰/۷۶	۲۶۲۴۶/۸۹	۱۶۷۰۲/۰۹	۱۹۲۵۶/۳۵	۱۶۵۱۳/۱۸	۱۶۷۳۰/۵۸
۵۰	۲۷۹۶۸/۲۲	۵۵۱۷۶/۴۴	۲۴۴۸۳/۳۸	۲۴۶۶۳/۳۲	۲۳۴۴۰/۴۰	۱۸۸۸۹/۹۷
۱۰۰	۳۲۸۴۹/۳۷	۱۱۶۰۵۹/۱۰	۳۳۴۲۳/۷۷	۳۰۵۲۴/۸۵	۳۲۱۲۰/۵۶	۲۰۸۳۱/۹۷
۲۰۰	۳۷۷۱۲/۷۰	۲۴۴۷۵۸/۲۰	۴۳۴۰۵/۷۰	۳۶۸۷۹/۳۶	۴۲۸۵۳/۲۷	۲۲۶۰۹/۰۸
۲۵۰	۳۹۲۷۶/۱۷	۳۱۱۴۵۵/۶۰	۴۶۸۲۵/۳۲	۳۹۰۳۵/۸۴	۴۶۷۹۹/۶۲	۲۳۱۵۲/۱۲
۵۰۰	۴۴۱۲۹/۰۳	۶۶۰۳۲۵/۸۰	۵۸۰۴۹/۲۹	۴۶۰۹۶/۷۷	۶۰۷۷۱/۱۱	۲۴۷۶۲/۵۰

۴-۴- برآورد ضریب تغذیه

داده‌های آماری سال‌های (۱۳۶۱-۱۳۹۲) جهت محاسبه ضریب تغذیه حوضه‌های قمصر و قهرود به کار گرفته شد. با محاسبه مساحت کشاورزی منطقه و آب مورد نیاز مصرفی گیاه، مقدار آب برگشتی کشاورزی محاسبه شد. با وارد کردن داده‌های دبی روزانه به نرم‌افزار Sigmaplot، حجم رواناب سالانه و ضریب تغذیه محاسبه گردید. داده‌های باران روزانه حوضه‌های قمصر و قهرود وارد نرم‌افزار Sigmaplot گردید و با استفاده از معادله $H_{runoff} = C \times P$ ضریب تغذیه این حوضه‌ها محاسبه شد (جدول‌های ۴-۷ و ۴-۸).

فصل چهارم: ارزیابی کمی و کیفی سیلاب در حوضه‌های قمصر و قهرود

جدول ۴-۷- ضریب تغذیه در حوضه آبخیز قمصر

سال آبی	ارتفاع باران سالانه (mm)	ارتفاع رواناب سالانه (mm)	ارتفاع باران سالانه (mm)	سال آبی	ضریب تغذیه	ارتفاع رواناب سالانه (mm)	ضریب تغذیه
۱۳۶۰-۶۱	۹۴	۱۰/۲۲	۰/۴۴	۱۳۷۶-۷۷	۲۰۷	۱۸/۶۵	۰/۲۴
۱۳۶۱-۶۲	۲۴۰	۱۹/۳۲	۰/۲۱	۱۳۷۷-۷۸	۲۰۷	۱۵/۷۲	۰/۲۲
۱۳۶۲-۶۳	۱۴۷	۱۳/۸۷	۰/۳۰	۱۳۷۸-۷۹	۱۰۸/۳	۱۲/۱۶	۰/۴۰
۱۳۶۳-۶۴	۱۱۲/۵	۸/۳۵	۰/۳۵	۱۳۷۹-۸۰	۲۹۰/۲	۶/۴۳	۰/۱۳
۱۳۶۴-۶۵	۳۱۰	۱۸/۵۱	۰/۱۶	۱۳۸۰-۸۱	۲۸۰/۷	۲۳/۱۲	۰/۱۹
۱۳۶۵-۶۶	۲۴۳/۵	۲۱/۳۵	۰/۲۱	۱۳۸۱-۸۲	۲۳۱/۵	۲۲/۷۷	۰/۲۳
۱۳۶۶-۶۷	۲۵۵	۲۵/۸۰	۰/۲۲	۱۳۸۲-۸۳	۲۳۶/۵	۲۵/۹۳	۰/۲۴
۱۳۶۷-۶۸	۱۷۶/۵	۱۹/۰۵	۰/۲۸	۱۳۸۳-۸۴	۱۹۰	۲۴/۱۸	۰/۲۹
۱۳۶۸-۶۹	۲۱۴/۵	۳۴/۰۶	۰/۳۰	۱۳۸۴-۸۵	۲۸۳	۹/۸۹	۰/۱۹
۱۳۶۹-۷۰	۱۳۸/۵	۳۴/۹۳	۰/۴۷	۱۳۸۵-۸۶	۳۹۹/۵	۳/۴۴	۰/۱۷
۱۳۷۰-۷۱	۳۱۰	۴۲/۰۶	۰/۲۳	۱۳۸۶-۸۷	۹۸	۱۸/۸۳	۰/۵۱
۱۳۷۱-۷۲	۲۵۸	۶۴/۷۱	۰/۳۷	۱۳۸۷-۸۸	۳۳۴	۱۱/۵۴	۰/۱۳
۱۳۷۲-۷۳	۱۸۸	۲۶/۲۷	۰/۳۰	۱۳۸۸-۸۹	۲۳۸/۵	۵/۸۹	۰/۱۵
۱۳۷۳-۷۴	۲۶۸/۵	۱۸/۰۵	۰/۱۸	۱۳۸۹-۹۰	۱۷۱/۵	۵/۲۶	۰/۲۱
۱۳۷۴-۷۵	۳۶۹	۷۲/۰۰	۰/۲۸	۱۳۹۰-۹۱	۲۳۱	۵/۱۰	۰/۱۶
۱۳۷۵-۷۶	۱۶۴/۵	۱۳/۱۸	۰/۲۷	۱۳۹۱-۹۲	۲۳۹	۳/۷۵	۰/۱۴

جدول ۴-۸- ضریب تغذیه در حوضه آبرگیر قهرود

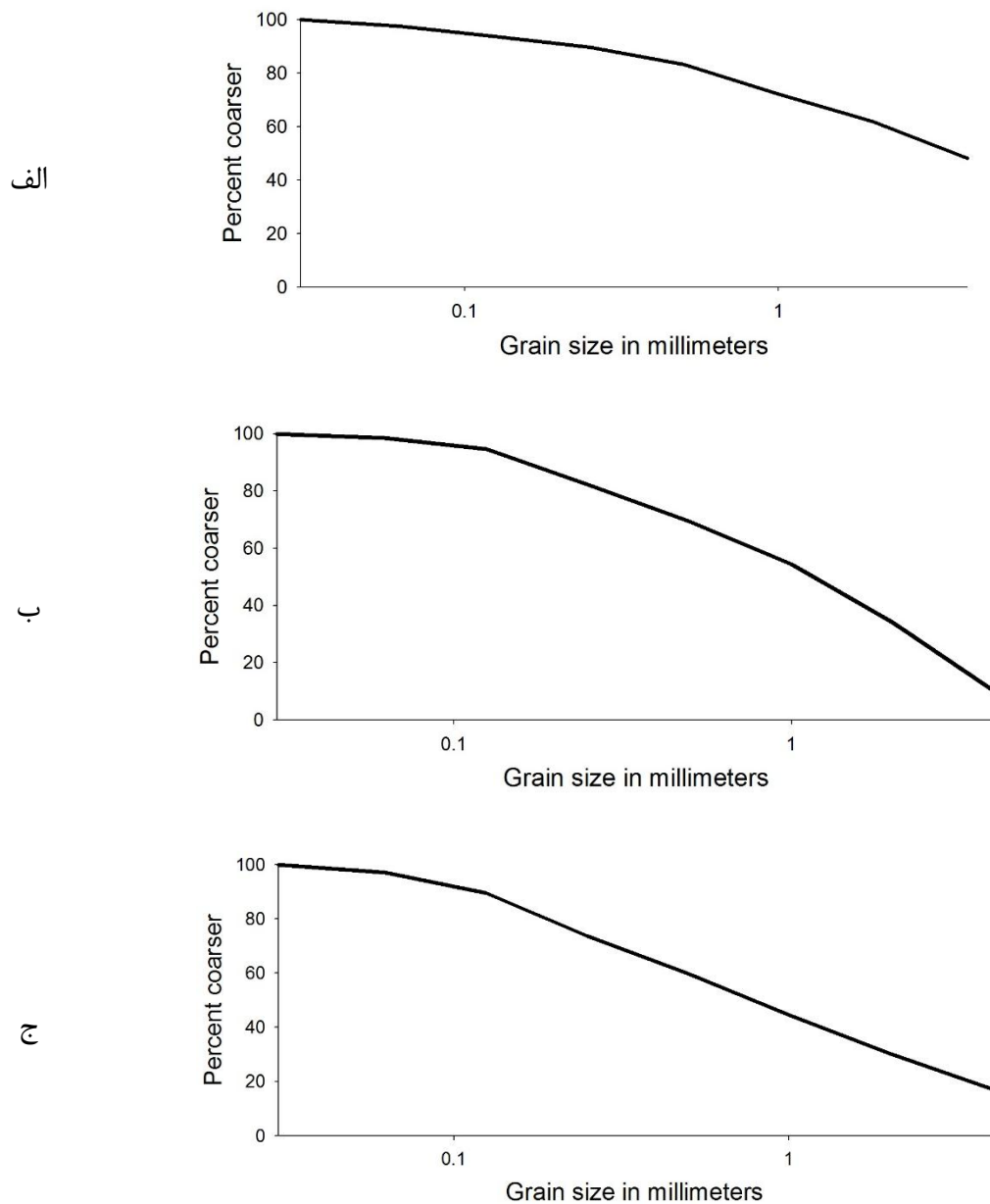
سال آبی	ارتفاع باران سالانه (mm)	ارتفاع رواناب سالانه (mm)	ضریب تغذیه
۱۳۷۶-۷۷	۱۲۷/۱	۳۷/۳۱	۰/۴۹
۱۳۷۷-۷۸	۱۱۲/۷	۲۶/۱۳	۰/۴۵
۱۳۷۸-۷۹	۶۴/۰	۲۲/۵۵	۰/۷۴
۱۳۷۹-۸۰	۲۵۰/۷	۲۲/۹۲	۰/۱۹
۱۳۸۰-۸۱	۲۰۳/۰	۴۶/۰۶	۰/۳۵
۱۳۸۱-۸۲	۱۵۱/۵	۵۲/۹۴	۰/۵۱
۱۳۸۲-۸۳	۱۷۶/۰	۴۹/۰۱	۰/۴۲
۱۳۸۳-۸۴	۱۳۳/۵	۵۷/۵۶	۰/۴۲
۱۳۸۴-۸۵	۸۰/۰	۵۳/۰۶	۰/۹۷
۱۳۸۵-۸۶	۲۴۰/۸	۹۲/۵۷	۰/۴۹
۱۳۸۶-۸۷	۷۶/۰	۲۷/۸۲	۰/۶۹
۱۳۸۷-۸۸	۱۵۳/۵	۳۱/۳۱	۰/۳۷
۱۳۸۸-۸۹	۹۴/۰	۳۴/۰۸	۰/۶۳
۱۳۸۹-۹۰	۱۲۷/۵	۲۰/۵۲	۰/۳۶
۱۳۹۰-۹۱	۱۳۹/۵	۱۳/۷۸	۰/۲۸
۱۳۹۱-۹۲	۲۷۹/۰	۱۱/۷	۰/۳۰

۴-۵- تعیین بافت خاک منطقه

خاک‌ها را می‌توان از دیدگاه‌های متفاوتی مانند اندازه دانه‌ها، جنس کانی‌ها، مقاومت و منشأ ایجاد آن‌ها طبقه‌بندی نمود. به‌طور کلی می‌توان گفت بسیاری از خواص مکانیکی و فیزیکی خاک‌ها تابعی از جنس، شکل، اندازه و چگونگی توزیع اندازه دانه‌ها است. میزان نفوذپذیری خاک بستگی زیادی به نوع بافت و اندازه ذرات خاک دارد. در این تحقیق پس از نمونه‌گیری از محل‌های مختلف منطقه مورد مطالعه (پل قهرود (S_1)، سد قزآن (S_2) و گردنه آجری (S_3) آزمایش دانه‌بندی خاک انجام گرفت. نتایج آزمایش دانه‌بندی خاک نشان می‌دهد که بیشترین درصد نمونه‌های برداشت شده بافت ماسه‌ای داشتند (جدول ۴-۹). منحنی‌های دانه‌بندی نمونه خاک در سه محل نمونه‌برداری در شکل‌های (۴-۹ الف، ب و ج) نشان داده شده‌اند.

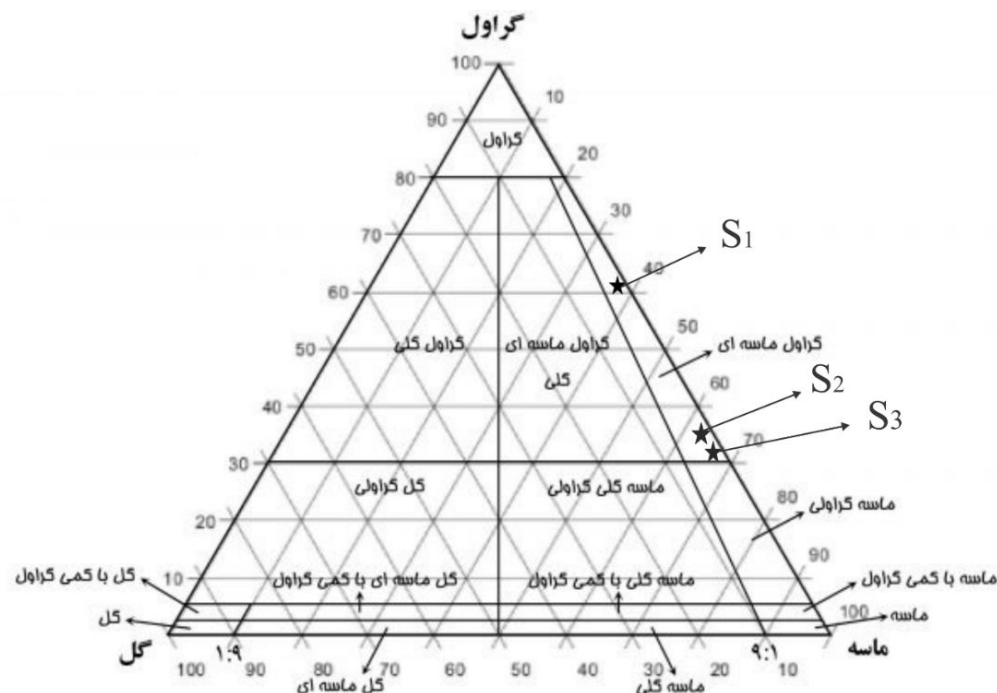
جدول ۴-۹- آزمایش دانه‌بندی نمونه‌های خاک برداشت شده

وزن مواد باقی‌مانده روی الک (gr)			اندازه الک (mm)
S_3	S_2	S_1	
۱۷۳/۵۷	۹۷/۸۱	۴۸۰/۶۰	۵
۱۲۹/۴۷	۲۴۰/۸۷	۱۳۸/۵۶	۱۰
۱۴۲/۲۹	۲۰۵/۰۰	۱۰۱/۹۲	۱۸
۱۵۳/۲۸	۱۴۸/۴۰	۱۱۰/۴۷	۳۵
۱۳۸/۷۸	۱۹۲/۱۲	۶۵/۲۵	۶۰
۱۵۸/۲۴	۱۲۴/۴۰	۳۹/۷۳	۱۲۰
۷۵/۷۱	۳۸/۹۸	۳۸/۶۷	۲۳۰
۲۸/۶۶	۱۵/۴۲	۲۴/۸۰	سینی



شکل ۴-۹- نمودار دانه‌بندی نمونه‌های برداشت شده (الف) پل قهرود، (ب) سد قزآن، (ج) گردنه آجری

برای نام‌گذاری رسوبات از مثلث فولک استفاده است (شکل ۴-۱۰). این مثلث بر اساس نسبت وزن کنگلومرا، ماسه‌سنگ و مقدار رس موجود در رسوب شکل گرفته است. پس از تعیین وزن ذرات باقی‌مانده روی الک‌ها، نسبت بین ذرات تشکیل دهنده رسوبات تعیین و بافت رسوبات منطقه تعیین گردید.



شکل ۴-۱۰- مثلث طبقه بندی رسوبات و سنگ‌های آواری بر اساس اندازه ذرات تشکیل‌دهنده آن‌ها (فولک ۱۹۷۴)

بر اساس تقسیم‌بندی فولک بافت رسوبات منطقه از نوع گراول ماسه‌ای می‌باشد. این نوع بافت با نفوذپذیری بالایی که دارد باعث نفوذ بخش زیادی از نزولات جوی به داخل زمین شده و مانع از ایجاد رواناب می‌شود.

۴-۶- محاسبه ضریب رواناب

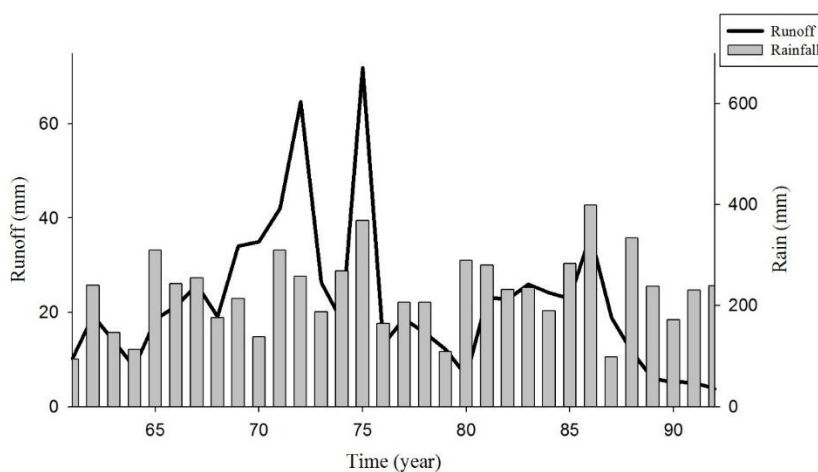
وجود واریزه‌های زیاد در منطقه باعث شده تا بخش زیادی از نزولات جوی به داخل زمین نفوذ کرده و مانع از ایجاد رواناب شوند؛ اما در مواقعی که بارندگی شدید باشد بخش زیادی از باران جاری گشته و باعث وقوع سیل در منطقه می‌شود. با محاسبه ارتفاع رواناب دبی‌های سیلابی و ارتفاع بارندگی در این زمان‌ها، ضریب رواناب محاسبه شد. ضریب رواناب حوضه‌های قهرود و قمصر در سه فصل زمستان، بهار و تابستان در جدول (۴-۱۰) آورده شده است. ضریب رواناب در فصل پاییز به علت عدم دبی‌های سیلابی محاسبه نشده است.

جدول ۴-۱۰- ضریب رواناب حوضه‌های قمصر و قهرود

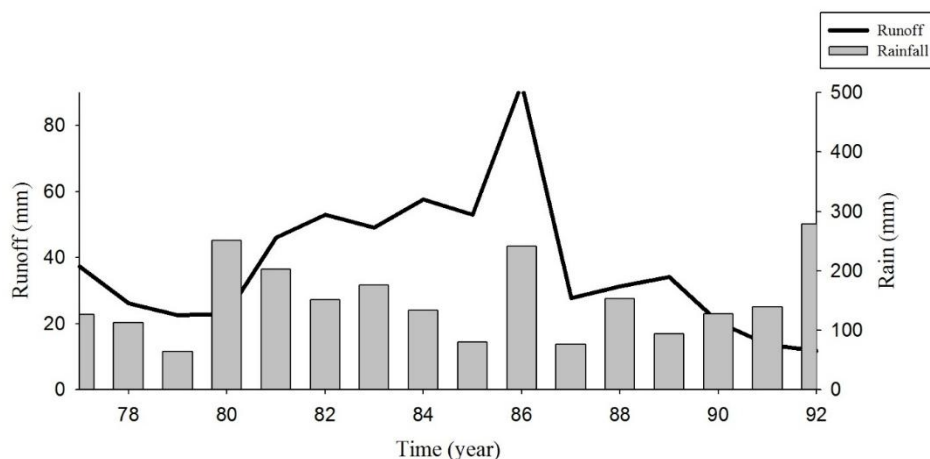
فصل	ضریب رواناب
زمستان	۰/۰۳
بهار	۰/۰۲
تابستان	۰/۲۶

بارندگی شدید و همراهی با تگرگ در فصل تابستان باعث شده است که بخش اعظم بارندگی به رواناب تبدیل شده و ضریب رواناب نسبت به فصل‌های بهار و زمستان بیشتر باشد. وجود پوشش گیاهی متراکم، افزایش برگاب و رژیم بارندگی در فصل بهار دلیلی بر کاهش مقدار ضریب رواناب در فصل بهار نسبت به زمستان می‌باشد.

به‌منظور ارزیابی بهتر اثر بارش در ارتفاع رواناب برای حوضه‌های قمصر و قهرود به ترتیب از داده‌های مربوط به سال‌های آبی (۱۳۶۱-۱۳۹۲) و (۱۳۷۶-۱۳۹۲) استفاده شد و ارتفاع رواناب و ارتفاع باران سالانه در حوضه‌های مورد مطالعه بر روی یک نمودار ترسیم شدند. به‌طور کلی در طی چند سال گذشته مقدار رواناب سالانه کاهش یافته که می‌تواند ناشی از کاهش بارش در حوضه‌های قمصر و قهرود باشد (شکل‌های ۴-۱۱ و ۴-۱۲).



شکل ۴-۱۱- نمودار باران - رواناب حوضه قمصر



شکل ۴-۱۲- نمودار باران - رواناب حوضه قهرود

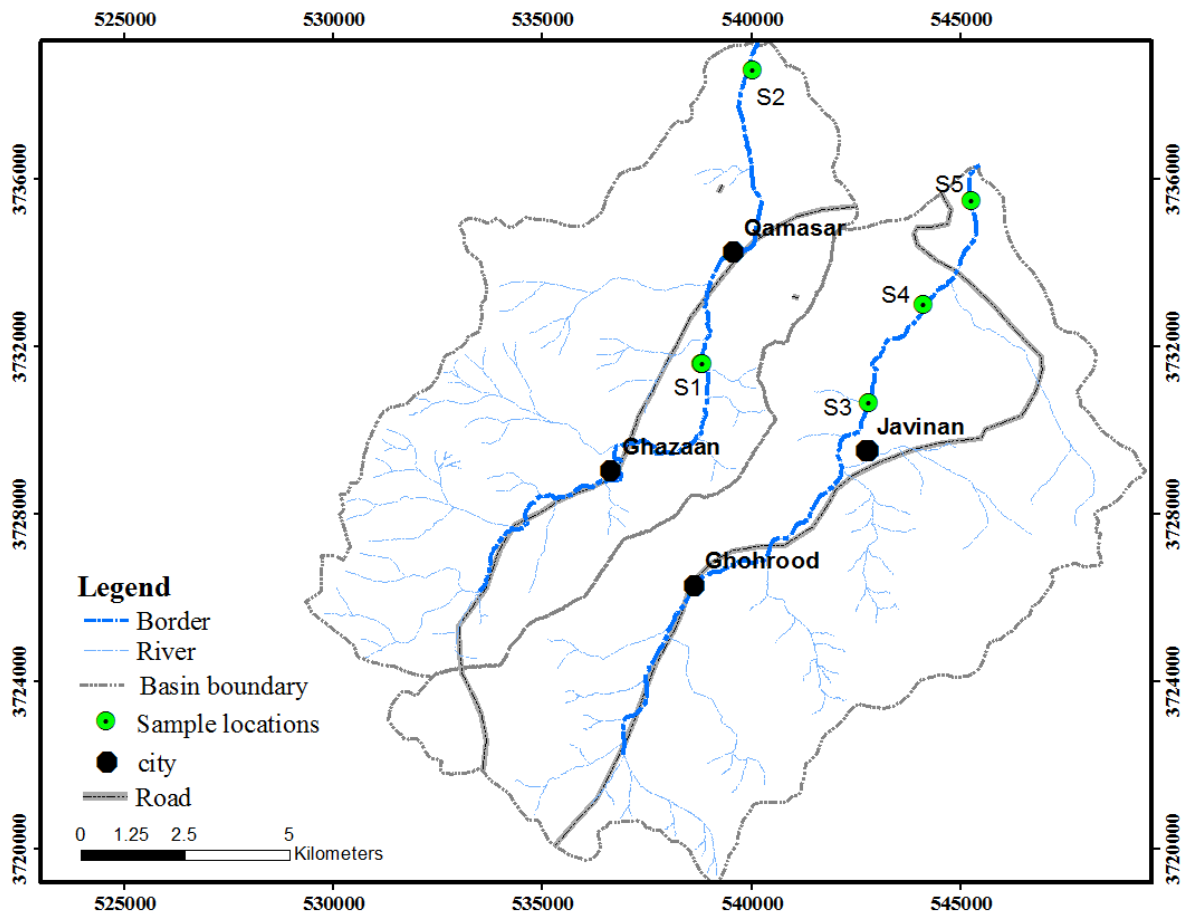
۴-۷- ارزیابی کیفی سیلاب

به منظور ارزیابی کیفی سیلاب، نمونه‌های آب از رودخانه‌های قمصر و قهرود برداشت شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. همچنین جهت بررسی روند تغییرات پارامترهای شیمیایی آب از اطلاعات کیفی اداره امور آب شهرستان کاشان استفاده گردید. پس از برداشت، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و آزمایش‌های شیمیایی لازم انجام گرفت. سپس با بررسی نتایج آنالیز نمونه‌ها و مقایسه آن‌ها با نتایج آنالیز اداره امور آب کاشان، نمودارهای مربوطه ترسیم گردیدند. موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری نمونه‌های آب در جدول (۴-۱۱) و شکل (۴-۱۳) گزارش شده است.

پس از نمونه‌برداری در اردیبهشت‌ماه سال آبی ۱۳۹۲-۹۳، آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی، pH، EC، TDS نمونه‌های آب مورد آزمایش قرار گرفتند. در جدول (۴-۱۲) نتایج آزمایش ارائه شده است. همچنین به منظور بررسی کیفیت آب از لحاظ کشاورزی، روند تغییرات یون‌های اصلی، بررسی زون‌های غالب کاتیونی و آنیونی و تعیین تیپ آب، به ترتیب نمودارهای ویلکاکس، شولر، پایپر و استیف ترسیم شدند.

جدول ۴-۱۱- موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری

نام حوضه	محل نمونه‌برداری	UTM (X)	UTM (Y)	کد محل
قمصر	ابتدای رودخانه قمصر	۵۳۸۹۴۸	۳۷۳۱۲۴۶	S ₁
	انتهای رودخانه قمصر	۵۴۱۷۱۲	۳۷۴۰۳۱۳	S ₂
قهرود	پل قهرود	۵۴۴۷۸۱	۳۷۳۳۵۸۱	S ₃
	پایین‌دست پل قهرود	۵۴۴۴۵۵۰	۳۷۳۱۴۵۰	S ₄
	حسین‌آباد	۵۴۶۲۴۶	۳۷۳۸۱۴۱	S ₅



شکل ۴-۱۳- موقعیت محل‌های نمونه‌برداری

جدول ۴-۱۲- نتایج آنالیز کیفی نمونه‌های آب برداشت‌شده

نام حوضه	محل نمونه‌برداری	TDS (mg/L)	pH	EC (μs/cm)	غلظت یون‌های اصلی (epm)						
					K	Na	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃
قمصر	S ₁	۳۷۳	۷/۸۹	۵۳۳	۰/۰۱	۱/۱	۱/۱	۳/۲	۰/۷۵	۰/۸	۴/۰
	S ₂	۱۵۰۶	۷/۹۱	۲۴۸۰	۰/۴	۱۱/۲	۴/۹	۶/۳	۷/۷	۹/۸	۶/۵
قهرود	S ₃	۷۷۷	۸/۱۴	۱۰۳۴	۰/۲	۴/۹	۲/۴	۴/۴	۳/۱	۳/۳	۵/۴
	S ₄	۷۸۵	۸/۱۲	۱۰۴۰	۰/۲	۵/۱	۲/۶	۴/۵	۳/۲	۳/۵	۵/۲
	S ₅	۸۰۳	۷/۸	۱۲۰۰	۰/۱	۶	۲/۱	۳/۵	۳/۹	۵/۸	۳/۲

به‌منظور بررسی غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی و کل املاح محلول در آب‌های سطحی منطقه، نمودارهای مختلف کیفی ترسیم گردیدند.

الف- بررسی پارامترهای شیمیایی کیفیت آب

کیفیت آب یکی از مسائل مهم در هیدرولوژی می‌باشد؛ زیرا بررسی کیفیت آب برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت متفاوت و دارای ویژگی‌های کیفی و معیارهای مشخصی می‌باشد. پارامترهای دیگر از قبیل نسبت کل املاح مربوط به هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، نسبت کلر به مجموع آنیون‌ها و سدیم به مجموع کاتیون‌ها نیز برای کلیه نمونه‌ها محاسبه شد و نتایج بدست آمده در جدول (۴-۱۳) ارائه شده‌اند.

به‌منظور بررسی صحت نتایج آنالیز نمونه‌های آب، درصد خطای نمونه‌ها از رابطه (۴-۱) محاسبه شد.

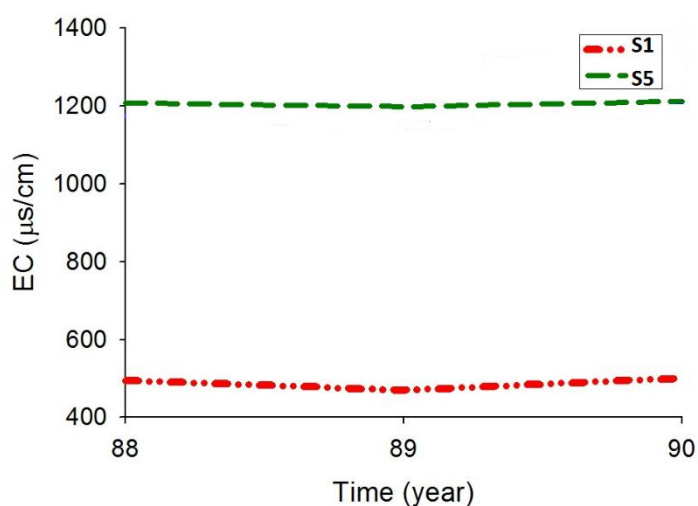
$$Error = \frac{\sum Cat - \sum Ani}{(\sum Cat + \sum Ani)/2} \times 100 \quad \text{معادله ۴-۱}$$

جدول ۴-۱۳- پارامترهای شیمیایی محاسبه شده نمونه برداشتی

نام حوضه	ایستگاه	مقدار خطا (%)	Na%	SAR	$\frac{Na}{Cation}$	$\frac{Cl}{Anion}$	$\frac{TDS}{EC}$	Alkalinity
قمصر	S ₁	۱	۱۰/۱۲	٪۱/۰۶	۰/۲	۰/۱۴	۰/۷	۲۴۴
	S ₂	۲	۲۴/۷۸	٪۶/۷۱	۰/۴۹	۰/۳۲	۰/۶۱	۳۹۶/۵
قهرود	S ₃	۴/	۲۱/۵۱	٪۳/۷۵	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۷۵	۳۲۹/۴
	S ₄	۲	۲۱/۸۱	٪۳/۸۳	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۷۵	۳۱۷/۲
	S ₅	۱	۲۴/۷۷	٪۵۱	۰/۳۰	۰/۶۷	۰/۶۷	۱۹۵/۲

هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی در واقع تابعی از بار و غلظت یون‌ها در محلول و واحد آن برحسب میکروموس در سانتی‌متر است. پس از انجام نمونه‌برداری مقدار EC نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین از اطلاعات سال‌های قبل اداره امور آب شهرستان کاشان به‌منظور بررسی روند تغییرات EC از محل‌های انتخاب نمونه‌برداری که منطبق با ایستگاه‌های S₁ و S₅ استفاده شد. روند این تغییرات در شکل (۴-۱۴) نشان داده شده است.

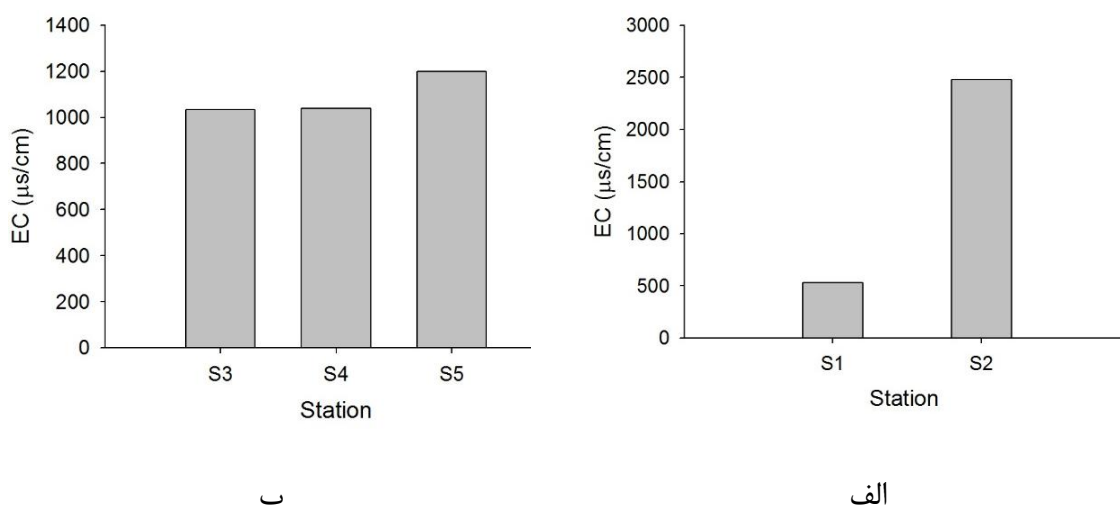


شکل ۴-۱۴- نمودار تغییرات زمانی هدایت الکتریکی در طی سال‌های ۱۳۸۷-۸۸ تا ۱۳۸۹-۹۰ ایستگاه‌های منطقه

فصل چهارم: ارزیابی کمی و کیفی سیلاب در حوضه‌های قمصر و قهرود

همان‌طور که در شکل (۴-۱۴) مشاهده می‌شود مقدار هدایت الکتریکی نمونه‌ها در طی سال‌های مورد بررسی روند کم و بیش یکسانی داشته است. از آن جایی که هدایت الکتریکی ارتباط مستقیمی با غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های نمونه‌ها دارد این روند قابل انتظار است.

هدایت الکتریکی نمونه‌های برداشتی در ایستگاه S₂ و S₅ بیشترین مقدار را داشته است. این دو ایستگاه در انتهای رودخانه قمصر و قهرود قرار دارند، با توجه به طولانی بودن مسیر حرکت آب و فرصت کافی برای حل شدن یون‌های محلول در آب این روند قابل انتظار می‌باشد. (شکل ۴-۱۵).



شکل ۴-۱۵- نمودار هدایت الکتریکی نمونه‌های برداشت شده (الف) حوضه قمصر، (ب) حوضه قهرود

قلیائیت

قلیائیت آب‌های طبیعی ناشی از وجود یون کربنات و بیکربنات و از جمع اکسی‌والان CO_3^{2-} و HCO_3^- و برحسب میلی گرم در لیتر CaCO_3 بیان می‌شود.

درصد سدیم

درصد سدیم که به صورت $\%Na = \frac{(Na + K) \times 100}{Ca + Mg + K + Na}$ بیان می‌شود که در آن غلظت کاتیون‌ها

برحسب میلی اکسی‌والان گرم در لیتر است.

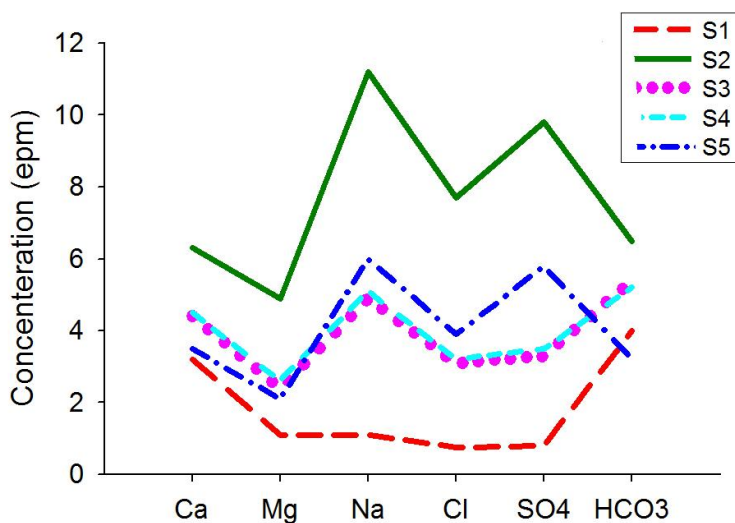
نسبت جذب سدیم

غلظت زیاد سدیم برای گیاه سمی بوده و مانع از نفوذپذیری خاک شده و عاملی برای سخت کردن خاک به حساب می‌آید. از دو پارامتر درصد سدیم و نسبت جذب سدیم برای بررسی غلظت سدیم استفاده

می‌شود. نسبت جذب سدیم به صورت
$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$
 تعریف می‌شود و غلظت کاتیون‌ها برحسب

میلی اکی‌والان گرم در لیتر بیان می‌شود.

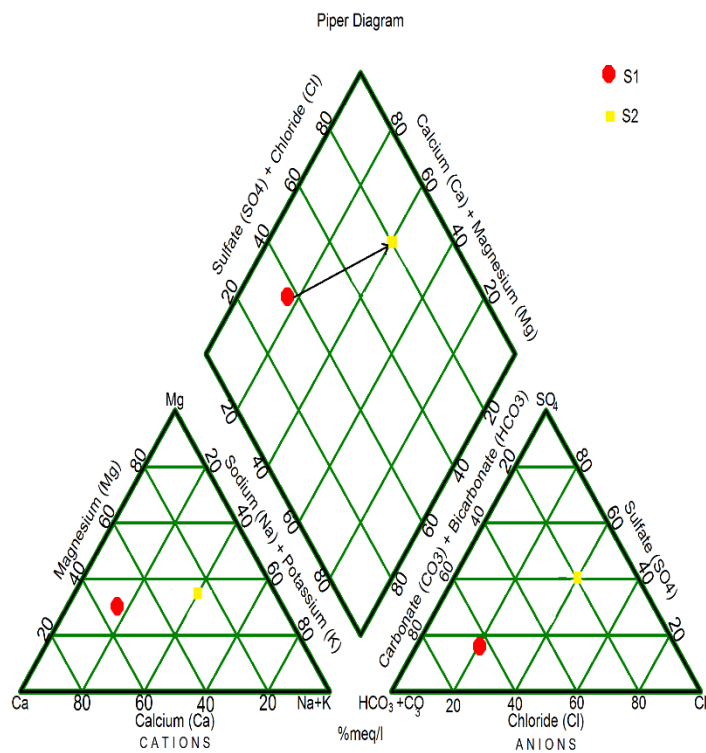
برای بررسی کیفیت آب و تأثیر املاح بر یکدیگر از نمودار شولر (شکل ۴-۱۶) و برای تعیین تیپ آب نمونه‌های برداشتی از نمودارهای پایپر و استیف استفاده شده است (شکل‌های ۴-۱۷ و ۴-۱۸).



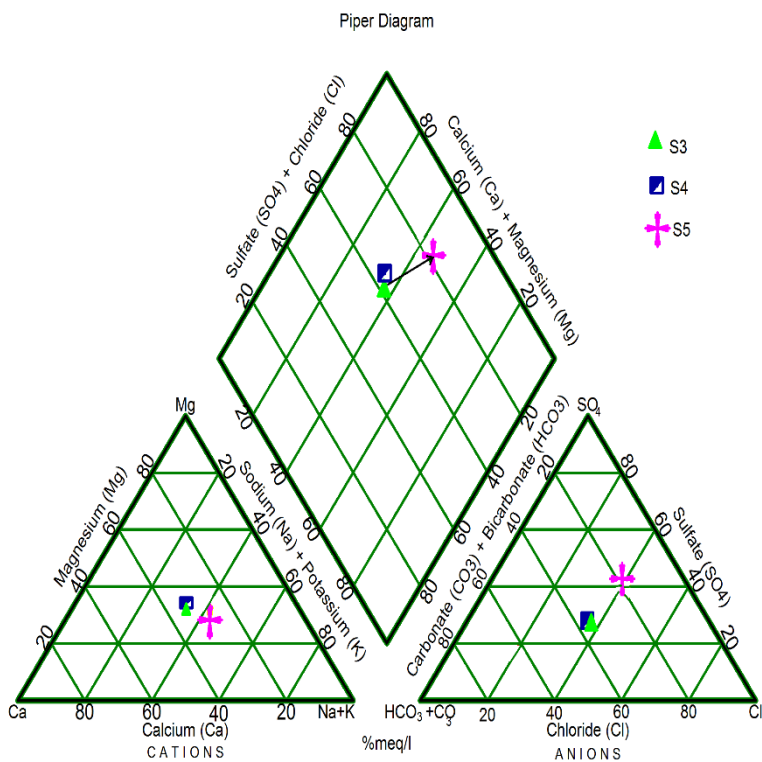
شکل ۴-۱۶- نمودار شولر نمونه‌های برداشت شده

نتایج نمودار شولر نشان می‌دهد که کیفیت آب نمونه‌های برداشتی در ایستگاه S3 و S4 از لحاظ شرب کیفیت بیشتری را نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشتند. این دو ایستگاه در مسیر رودخانه قهرود قرار دارند و با توجه به اینکه لیتولوژی غالب این منطقه آذرین بوده، املاح کمتری وارد آب شده و نمونه آب‌های برداشتی از این مسیر دارای کیفیت بالاتری از لحاظ شرب را نشان دادند.

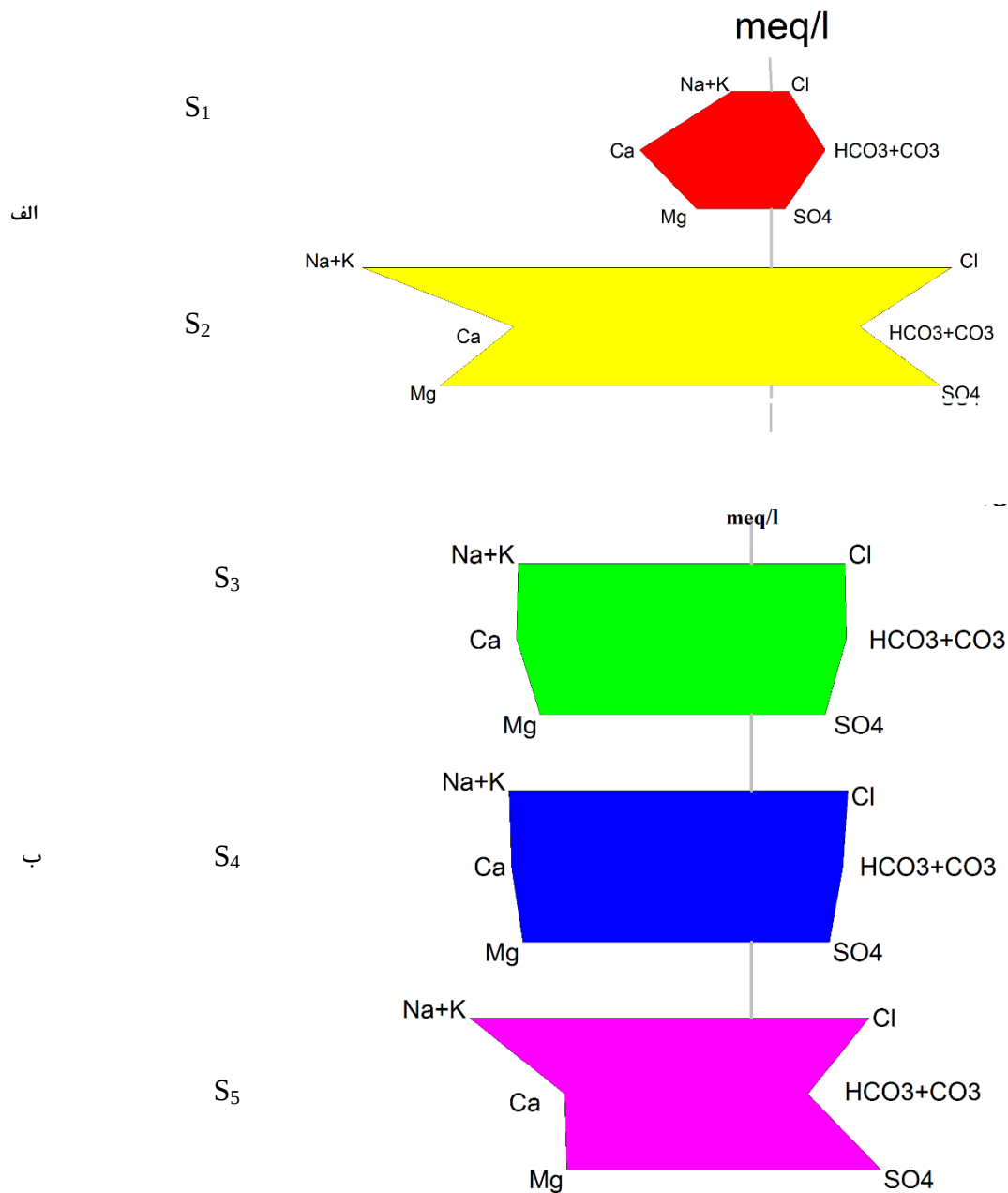
الف



ب.



شکل ۴-۱۷- نمودار پایپر نمونه‌های برداشت شده الف) حوضه قمصر، ب) حوضه قهرود (جهت فلش از ابتدا به انتهای مسیر رودخانه را نشان می‌دهد).



شکل ۴-۱۸- نمودار استیف نمونه‌های برداشت شده در حوضه‌های آبگیر مورد مطالعه الف) حوضه قمصر، ب) حوضه قهرود

بر اساس نمودارهای پایپر و استیف تیپ آب در ابتدای مسیر کربناته و در انتهای رودخانه سولفات می‌شود. در حالت طبیعی این روند در طبیعت مشاهده و با گذشت زمان و انحلال املاح در آب در ابتدا مقدار کربنات آب و سپس مقدار سولفات و کلر آب اضافه می‌شود.

ب- بررسی کیفیت آب از لحاظ کشاورزی

کیفیت آب آبیاری را می‌توان به وسیله شوری یا غلظت کل نمک‌های محلول، قلیایی بودن یا غلظت سدیم موجود در آب نسبت به سایر کاتیون‌ها و ترکیبات آنیونی آب به‌ویژه غلظت کربنات و بی‌کربنات بررسی نمود.

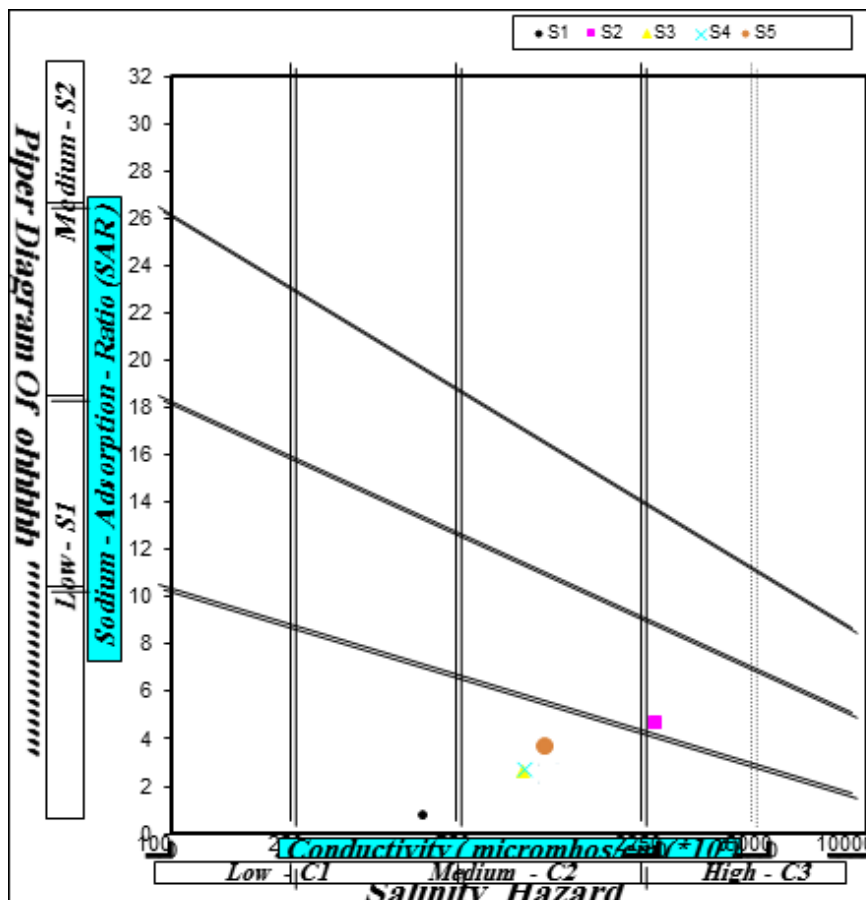
مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی شوری و مقدار سدیم موجود در آن می‌باشد؛ زیرا این دو نه تنها بر رشد گیاه مؤثرند بلکه درجه تناسب آب را از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌سازند. به دلیل این که سدیم به‌تنهایی نمی‌تواند معیار کیفی آب به لحاظ کشاورزی قرارگیرد، تأثیر آن در ارتباط با شوری کل آب در نظر گرفته می‌شود. کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات منابع آب روش طبقه‌بندی ویلکاکس است. در این طبقه‌بندی آب‌ها از نظر قابلیت هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) به چهار گروه تقسیم می‌شوند (جدول ۴-۱۴).

جدول ۴-۱۴- طبقه‌بندی آب از نظر مصارف کشاورزی

طبقه	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	طبقه	حدود SAR
عالی (C_1)	۰-۲۵۰	عالی (S_1)	۰-۱۰
خوب (C_2)	۲۵۰-۷۵۰	خوب (S_2)	۱۰-۱۸
متوسط (C_3)	۷۵۰-۲۲۵۰	متوسط (S_3)	۱۸-۲۶
نامناسب (C_4)	۲۲۵۰-۵۰۰۰	نامناسب (S_4)	۲۶-۳۲

از تلفیق این دو عامل، آب‌ها به ۱۶ دسته تقسیم می‌شوند که از C_1 - S_1 (عالی) شروع و به C_4 - S_4 (نامناسب) ختم می‌شوند. شکل (۴-۱۹) وضعیت کیفیت آب نمونه‌های آب برداشتی در مناطق موردنظر را

از لحاظ کشاورزی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۹- نمودار ویلکاکس

بر اساس نمودار ویلکاکس نمونه آب ایستگاه S1 که در ابتدای رودخانه قمصر برداشت شده بالاترین کیفیت را از خود نشان می‌دهد.

بر اساس مقدار SSP آب‌ها از نظر سدیم محلول در پنج گروه قرار می‌گیرند (جدول ۴-۱۵). نتایج SSP نشان می‌دهد که بهترین و بدترین کیفیت به ترتیب مربوط به ایستگاه بنرود (ابتدای رودخانه قمصر) و ایستگاه انتهای رودخانه قمصر می‌باشد. سدیم محلول (SSP) به صورت معادله (۴-۱) تعریف می‌شود.

$$\%Na = \frac{Na}{Ca + Na + Mg + K} \quad \text{معادله ۴-۲}$$

جدول ۴-۱۵- طبقه‌بندی کیفیت آب از نظر کشاورزی

رتبه کیفیت آب	SSP
عالی	$SSP > 20$
خوب	$20 < SSP < 40$
قابل قبول	$40 < SSP < 60$
مشکوک	$60 < SSP < 80$
بد	$SSP > 80$

۴-۸- تحلیل و پردازش داده‌ها از طریق GIS

سیستم اطلاعات جغرافیایی توانایی به روز رسانی اطلاعات مکانی و توصیفی در زمینه‌های مختلف را دارا می‌باشد. از طرفی GIS می‌تواند با تلفیق و تحلیل لایه‌های اطلاعاتی نرم‌افزاری فراگیر باشد. اندازه‌گیری، نقشه‌کشی، پایش و مدل‌سازی چهار رکن سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشند (عظیمی‌حسینی و همکاران ۱۳۸۹). برای GIS تعاریف مختلفی ارائه شده است؛ به‌طور کلی می‌توان سیستم اطلاعات جغرافیایی را مجموعه‌ای از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده، کاربر، سازمان‌ها و سلسله مراتب، برای جمع‌آوری، ذخیره، پردازش، تجزیه و تحلیل و انتشار اطلاعات درباره نواحی مختلف زمین تعریف کرد.

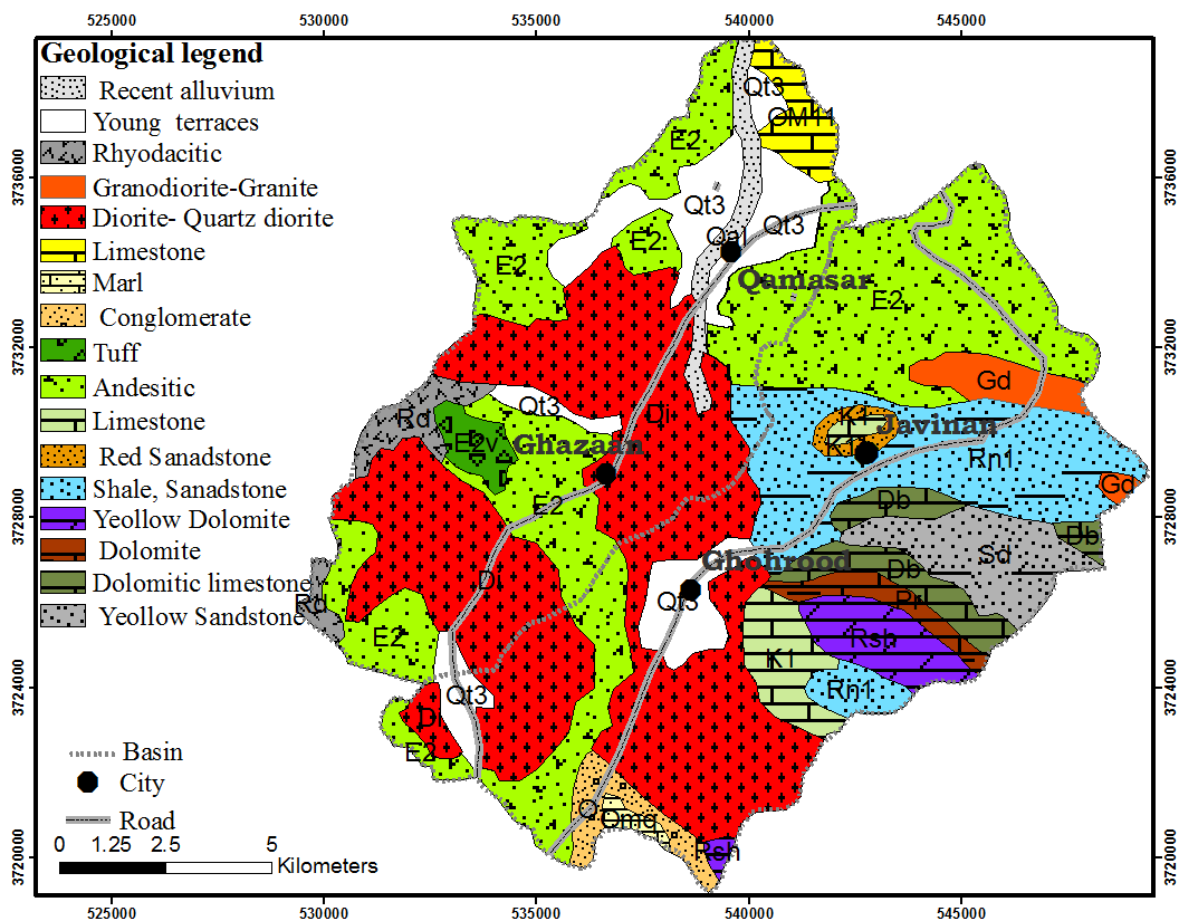
تصاویر و نقشه‌های مورد نیاز با فرمت مناسب با استفاده از منابع مختلف، وارد نرم‌افزار GIS گردیدند. لایه‌های اطلاعاتی در قالب برداری و رستری بودند. جهت پردازش داده‌ها همه لایه‌ها به رستر تبدیل شدند که هدف از این کار آشکارسازی و استخراج اطلاعات بود.

۴-۸-۱- لایه لیتولوژی

لایه لیتولوژی با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ کاشان در نرم‌افزار GIS10 تهیه گردید. همان‌طور که ملاحظه می‌شود اکثریت سنگ‌های منطقه از نوع آذرین می‌باشند (شکل ۴-۲۰). بیشترین رخمون‌های آذرین و دگرگونی در بخش‌های غرب، شمال‌غرب و شمال‌شرقی منطقه دیده می‌شوند (شکل ۴-۲۱). بدین منظور ابتدا نقشه زمین‌شناسی مورد نظر زمین‌مرجع شد و سپس واحدهای سنگی و سازندهای مختلف بر روی نقشه زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای شناسایی شدند. جهت انطباق و بررسی بیشتر نقشه مذکور، با فرمت مناسب به نرم‌افزار Google Earth وارد شد. در نهایت با تبدیل فرمت برداری حاصل شده به فرمت رستری و استفاده از ابزار Spatial Analysis، هر واحد سنگی ارزش‌دهی شد و وزن مناسب به هر واحد تخصیص داده شد. ارزش‌های اختصاص یافته در ادامه در جدول‌های مربوط به هر روش ذکر شده است.



شکل ۴-۲۰- رخمون توده‌های آذرین در روستای قهرود



شکل ۴-۲۱- لایه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

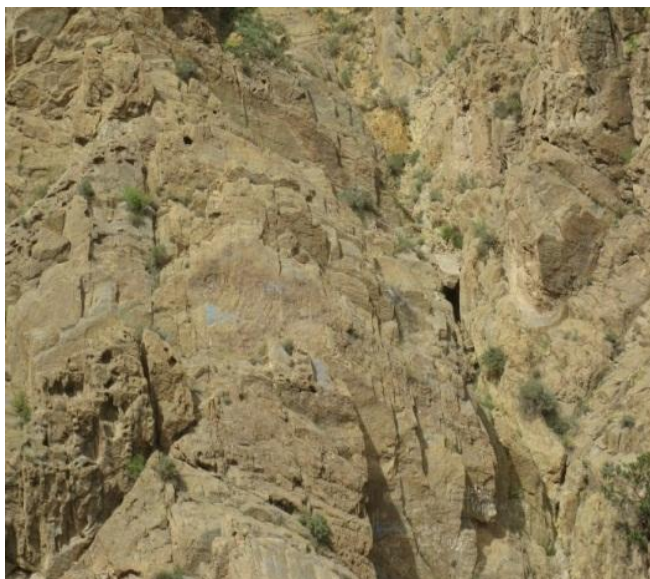
۴-۸-۲- لایه پوشش مواد منفصل موجود بر روی واحدهای سنگی

بخش عظیمی از منطقه مورد مطالعه توسط مواد منفصل پوشیده شده است. در واقع آب حاصل از ریزش‌های جوی به درون زمین نفوذ می‌کند و مانع از ایجاد رواناب در منطقه می‌گردد. لایه پوشش خاک پس از بازدید از منطقه و استفاده از نرم‌افزار Google Earth رسم گردید و مناطق دارای پوشش واریزه و عاری از پوشش واریزه از یکدیگر مجزا گردیدند. نمونه‌ای از جداسازی واحدهای با پوشش واریزه و بدون پوشش واریزه در شکل (۴-۲۲) نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۲- دامنه‌های با پوشش واریزه و ارتفاعات بدون پوشش واریزه

بر طبق مطالعات ژئومورفولوژی پوشش منطقه را می‌توان به چهار رخساره تقسیم نمود؛ رخساره یک با پوشش صفر تا ۲۵ درصد، رخساره دو با پوشش ۲۵ تا ۵۰ درصد، رخساره سه با پوشش ۵۰ تا ۷۵ درصد و رخساره چهار با پوشش ۷۵ تا ۱۰۰ درصد. بر طبق مطالعات صورت گرفته بیشترین پوشش منطقه را رخساره چهار تشکیل داده است؛ که این مورد مهم‌ترین عامل بازدارنده سیلاب به شمار می‌آید (شکل ۴-۲۳).



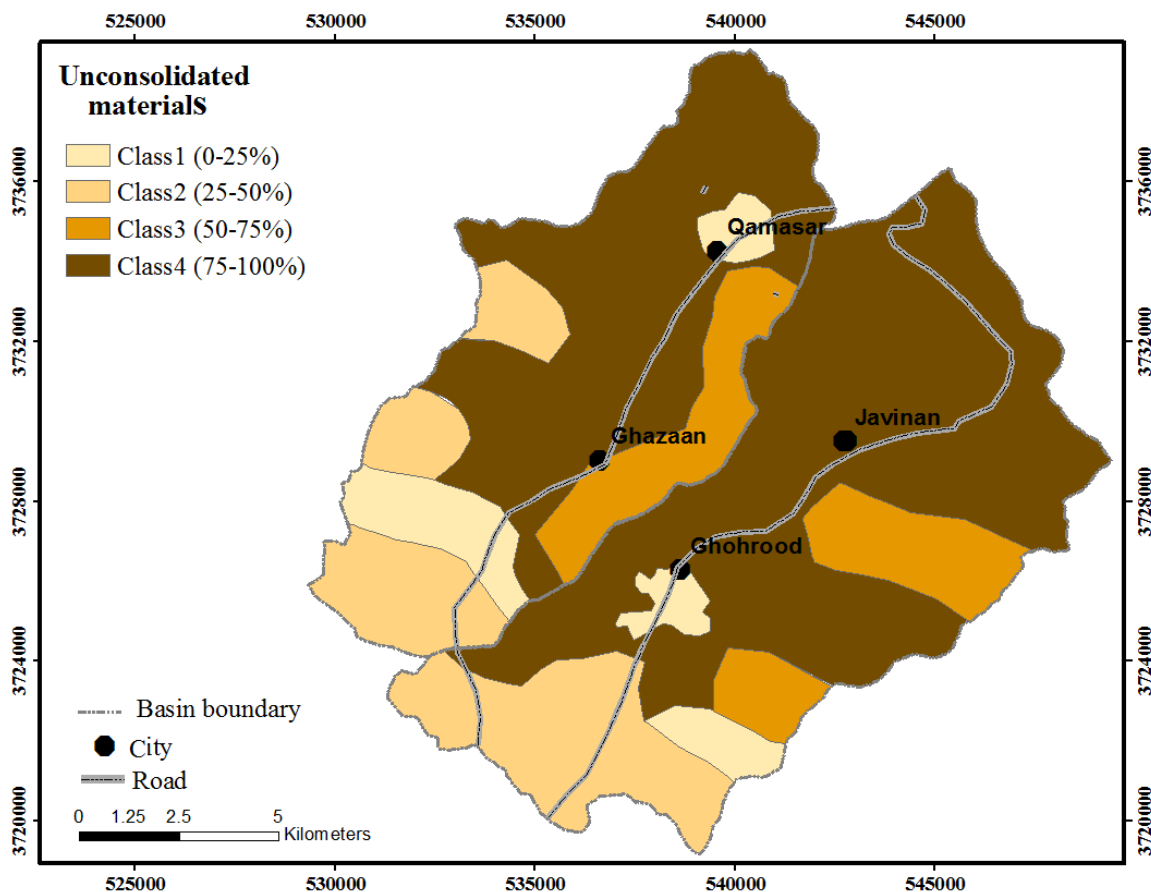
الف



ب

شکل ۴-۲۳- انواع پوشش مواد منفصل موجود بر روی واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه
الف) پوشش صفر تا ۲۵ درصد، ب) پوشش ۷۵ تا ۱۰۰ درصد.

تصاویر ترسیمی در Google Earth با فرمت مناسب به محیط GIS وارد گردید و اقدامات لازم روی آن صورت گرفت (شکل ۴-۲۴).



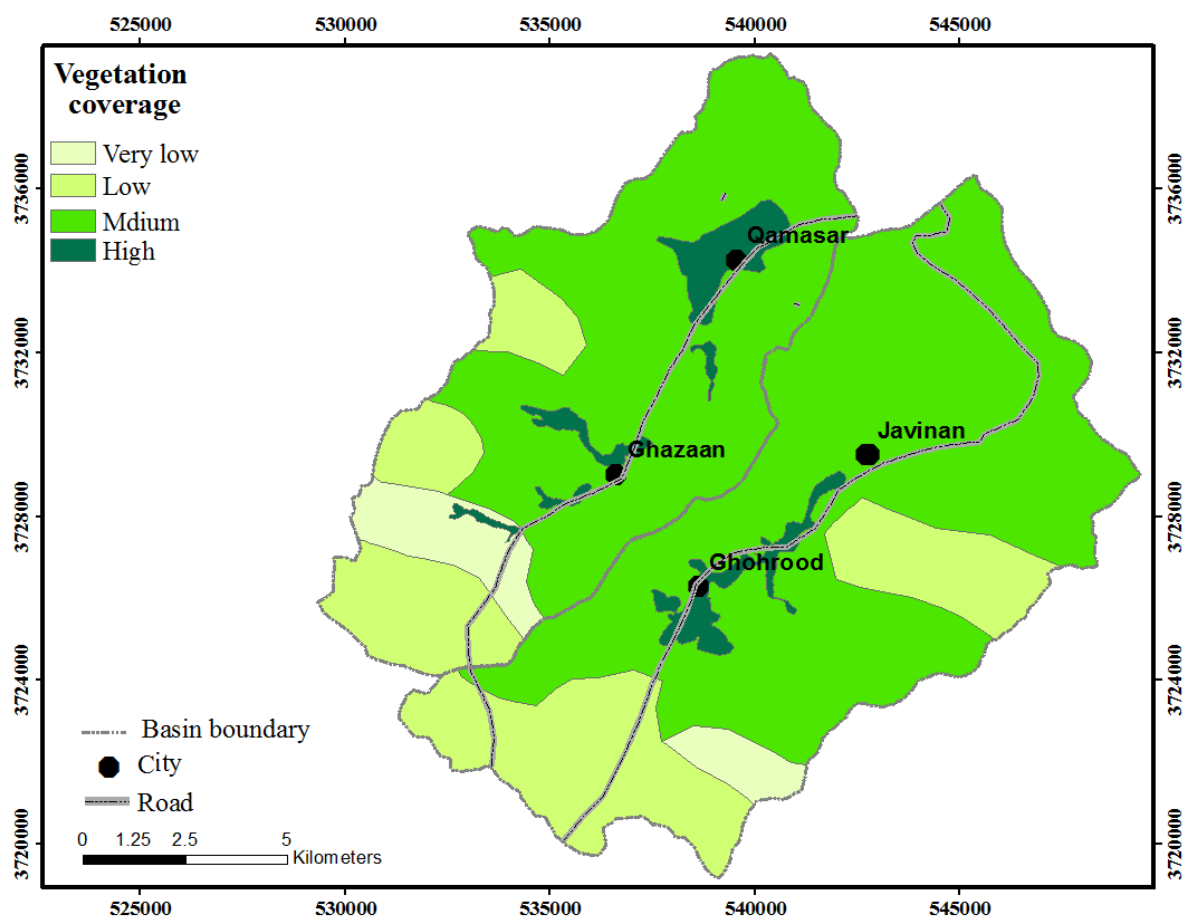
شکل ۴-۲۴- لایه پوشش مواد منفصل موجود بر روی واحدهای سنگی در منطقه مورد مطالعه

۴-۸-۳- لایه پوشش گیاهی

با انجام بازدیدهای صحرایی از منطقه و فیلتر مناسب بر روی تصاویر باند پنکروماتیک ماهواره لندست، شاخص NDVI و باند دو ماهواره هند، لایه پوشش گیاهی ایجاد گردید. این شاخص از تفاضل دو باند سه و چهار و تقسیم بر مجموع آنها محاسبه می‌شود. دامنه شاخص NDVI در بازه $(-1, +1)$ متغیر است؛ که با افزایش پوشش گیاهی این شاخص به سمت بازه مثبت افزایش می‌یابد. همچنین از تصاویر ماهواره‌ای هند برای تشخیص پوشش گیاهی منطقه استفاده گردید. تصاویر ماهواره‌ای هند دارای قدرت تفکیک بالاتر بوده و در مناطقی که پوشش گیاهی کمتری دارند، بیشتر کاربرد دارند. جهت تهیه این لایه از نرم‌افزار ENVI استفاده شد و خروجی نرم‌افزار وارد محیط GIS گردید. همچنین جهت انطباق بیشتر و

فصل چهارم: ارزیابی کمی و کیفی سیلاب در حوضه‌های قمصر و قهرود

بررسی بیشتر لایه مورد نظر در نرم‌افزار Google Earth مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (شکل ۴-۲۵). بر اساس تقسیم‌بندی صورت گرفته توسط کارشناس، باغات جزء پوشش گیاهی قوی و پوشش مراتع با توجه به تراکم آن‌ها از متوسط تا خیلی ضعیف دسته‌بندی شده‌اند. در شکل (۴-۲۶) انواع پوشش گیاهی منطقه را می‌توان مشاهده نمود.



شکل ۴-۲۵- لایه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه



الف



ب



ج

شکل ۴-۲۶- انواع پوشش گیاهی موجود در منطقه الف) پوشش گیاهی انبوه (باغات)،
ب) پوشش گیاهی متوسط، ج) پوشش گیاهی ضعیف.

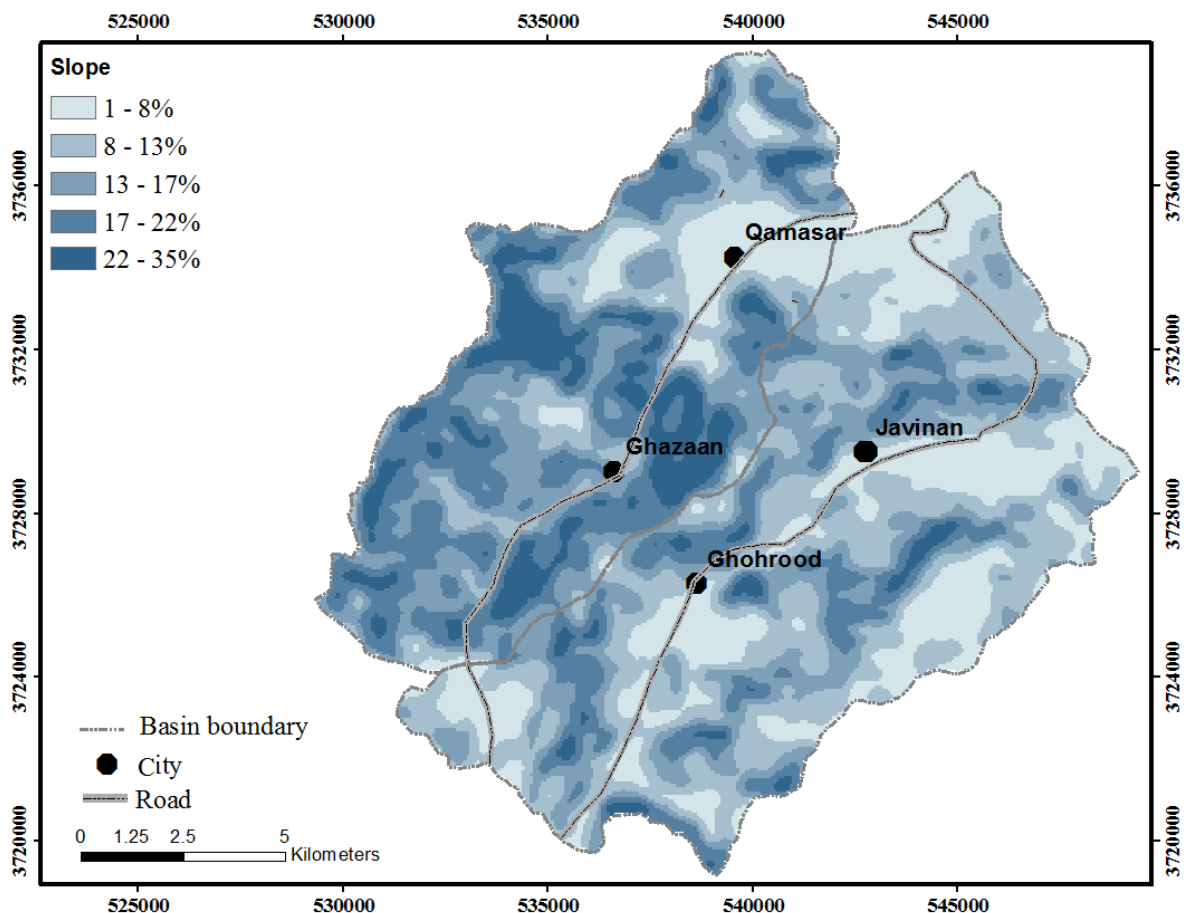
۴-۸-۴- لایه شیب

شیب توپوگرافی یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در ایجاد رواناب می‌باشد. در مناطق با شیب زیاد امکان باقی ماندن خاک و رویش گیاه فراهم نیست؛ بنابراین باران به سرعت جاری شده و رواناب را تشکیل می‌دهد. در مناطق مسطح و با شیب کمتر، آب حاصل از ریزش‌های جوی در سطح زمین جمع شده و به درون زمین نفوذ می‌کند (شکل ۴-۲۷). لایه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) در نرم‌افزار Global Mapper تهیه شد و سپس پردازش این لایه در GIS انجام گردید.



شکل ۴-۲۷- نمایی از شیب منطقه مورد مطالعه

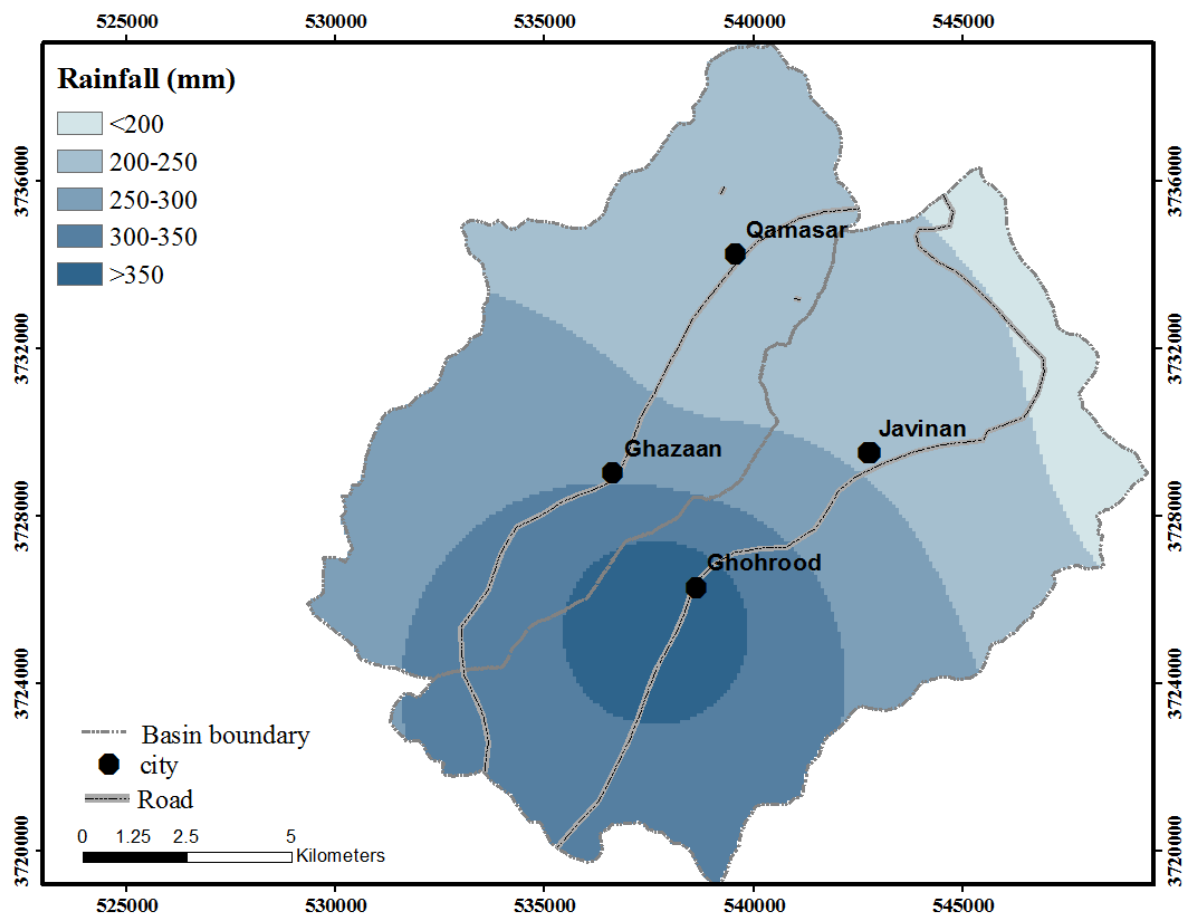
نقشه شیب تهیه شده با تابع Reclassify از مجموع توابع Spatial Analysis به چند دسته بر حسب درجه طبقه‌بندی شد. نقشه شیب مورد مطالعه در شکل (۴-۲۸) نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۸- لایه شیب منطقه مورد مطالعه

۴-۸-۵- لایه بارش

با شناخت ویژگی‌های بارش یک منطقه می‌توان میزان رواناب، تبخیر، تعرق، نفوذ و ظرفیت آب را در منطقه پیش‌بینی کرد. با توجه به اهمیت میزان بارش در ایجاد رواناب اقدام به تهیه لایه بارش گردید. این لایه اطلاعاتی با استفاده از پیاده کردن آمار بارندگی هشت ایستگاه در محدوده منطقه مورد مطالعه در نرم‌افزار GIS تهیه گردید. پس از مشخص نمودن ارتفاع ایستگاه‌های باران‌سنجی و تعیین محدوده در برگیرنده این ایستگاه‌ها با استفاده از روش تیسن نمودار تغییرات بارندگی - ارتفاع ترسیم شد. سپس با استفاده از این نمودار نقشه همبارش منطقه تهیه گردید (شکل ۴-۲۹).



شکل ۴-۲۹- نقشه همبارش منطقه مورد مطالعه

۴-۹- هم‌مقیاس‌سازی لایه‌های اطلاعاتی

همپوشانی و تلفیق داده‌ها زمانی امکان‌پذیر است که لایه‌های تشکیل شده همگی دارای مقیاس یکسانی باشند؛ در حالی که نقشه‌های ذکر شده دارای واحدهای متفاوتی هستند (مانند متر برای فاصله، درجه برای شیب). به منظور هم‌مقیاس‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، نقشه‌های تهیه شده با استفاده از دانش کارشناس در محدوده صفر تا ده طبقه‌بندی شد. ارزش داده شده به هر طبقه از لایه‌های اطلاعاتی در ادامه شرح داده شده است.

۴-۱۰- وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی

تأثیر هر عامل در ایجاد رواناب نسبت به عوامل دیگر متفاوت است. به منظور وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی باید قبل از همپوشانی لایه‌ها اهمیت نسبی هر عامل نسبت به عوامل دیگر تعیین شود و به هر عامل وزنی اختصاص یابد. در روش کارشناسی با توجه به اینکه نظر شخصی کارشناس بسیار تأثیرگذار است از روش تحلیل سلسله مراتبی نیز استفاده شد. عوامل مؤثر تعیین شده یک به یک با یکدیگر مقایسه و ارزش‌گذاری شدند و در نهایت وزن نسبی به هر عامل تعلق گرفت و منطقه از لحاظ سیل‌خیزی پهنه‌بندی شد.

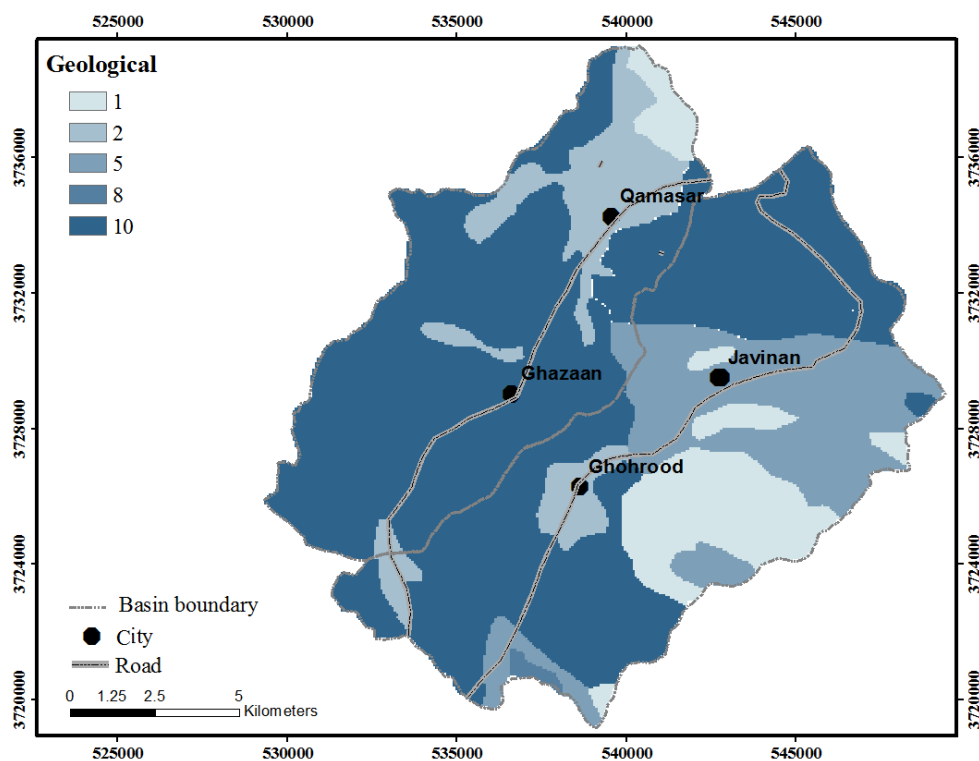
۴-۱۰-۱- روش کارشناسی

در این روش لایه‌های تهیه شده در نرم‌افزار به گونه‌ای دسته‌بندی شدند که تمام محدوده را پوشش می‌دهند. به دسته‌هایی که در ایجاد رواناب نقش بیشتری دارند، ارزش بیشتر و دسته‌هایی که نقش کمتری دارند، ارزش کمتری اختصاص یافت. دسته‌بندی و ارزش‌گذاری در این روش طبق نظر کارشناس بوده و بر اساس آن نقشه مربوطه تهیه گردید. ارزش‌دهی در این محدوده بین صفر تا ده معتبر است. در هر پارامتر به دسته‌ای که تأثیر بیشتری در ایجاد رواناب داشته باشد، ارزش بیشتری اختصاص یافته است. بر طبق نظر کارشناس مناطق بدون واریزه پتانسیل سیل‌خیزی بالاتری دارند. بر اساس آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی میزان توزیع بارش منطقه اعداد تقریباً یکسانی را نشان می‌دهد؛ از طرفی بیشترین رخنمون سنگی منطقه از نوع آذرین بوده و پوشش گیاهی نیز تأثیر زیادی در ایجاد رواناب منطقه مورد مطالعه ندارد. بنابراین، وزن‌های داده شده به این لایه‌ها نسبت به لایه پوشش خاک کمتر می‌باشد (جدول ۴-۱۶).

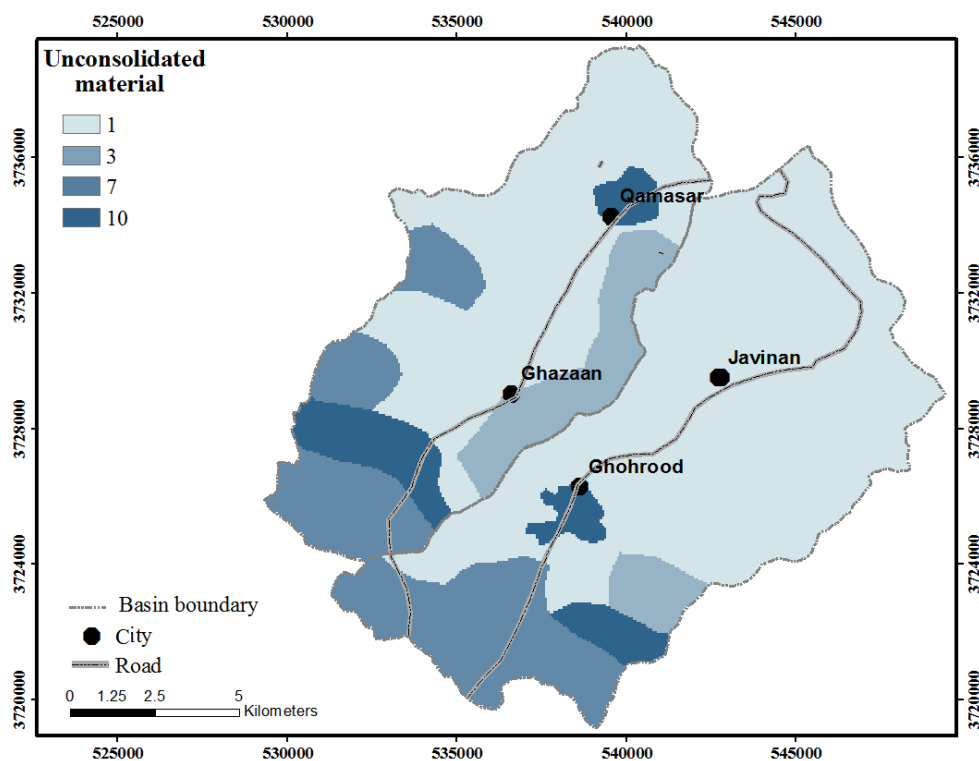
جدول ۴-۱۶- ارزش‌دهی به لایه‌های مختلف (روش کارشناسی)

عوامل مؤثر	دسته‌بندی محدوده	ارزش اختصاص یافته	وزن هر لایه	عوامل مؤثر	دسته‌بندی محدوده	ارزش اختصاص یافته	وزن هر لایه
لیتولوژی	کربناته	۱	۱۵٪	شیب	۱-۸	۱	۲۶٪
	آبرفت	۲			۸-۱۳		
	ماسه‌سنگ	۵			۱۳-۱۷		
	مارن و آهک	۸			۱۷-۲۲		
	آتش‌فشانی	۱۰			۲۲-۳۵		
پوشش خاک	۰-۲۵	۱۰	۴۰٪	باران	کمتر از ۲۰۰	۲	۱۰٪
	۲۵-۵۰	۷			۲۰۰-۲۵۰	۴	
	۲۵-۷۵	۳			۲۵۰-۳۰۰	۶	
	۷۵-۱۰۰	۱			۳۰۰-۳۵۰	۸	
					بیشتر از ۳۵۰	۱۰	
پوشش گیاهی	انبوه	۱	۹٪				
	متوسط	۳					
	ضعیف	۷					
	خیلی ضعیف	۱۰					

پس از وزن‌دهی طبق نظر کارشناس لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار GIS تهیه شد و سپس این لایه‌ها با استفاده از ابزار Raster Calculated تلفیق شدند و منطقه از لحاظ سیل‌خیزی پهنه‌بندی گردید (شکل‌های ۴-۳۰ تا ۴-۳۵).

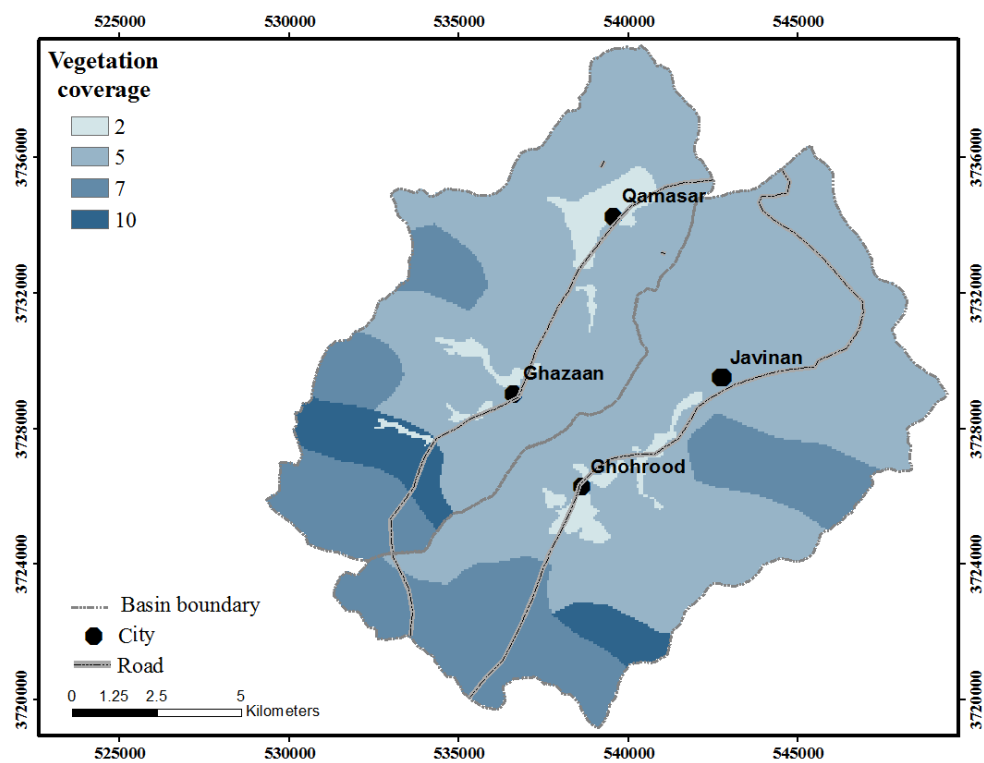


شکل ۴-۳- لایه لیتولوژی

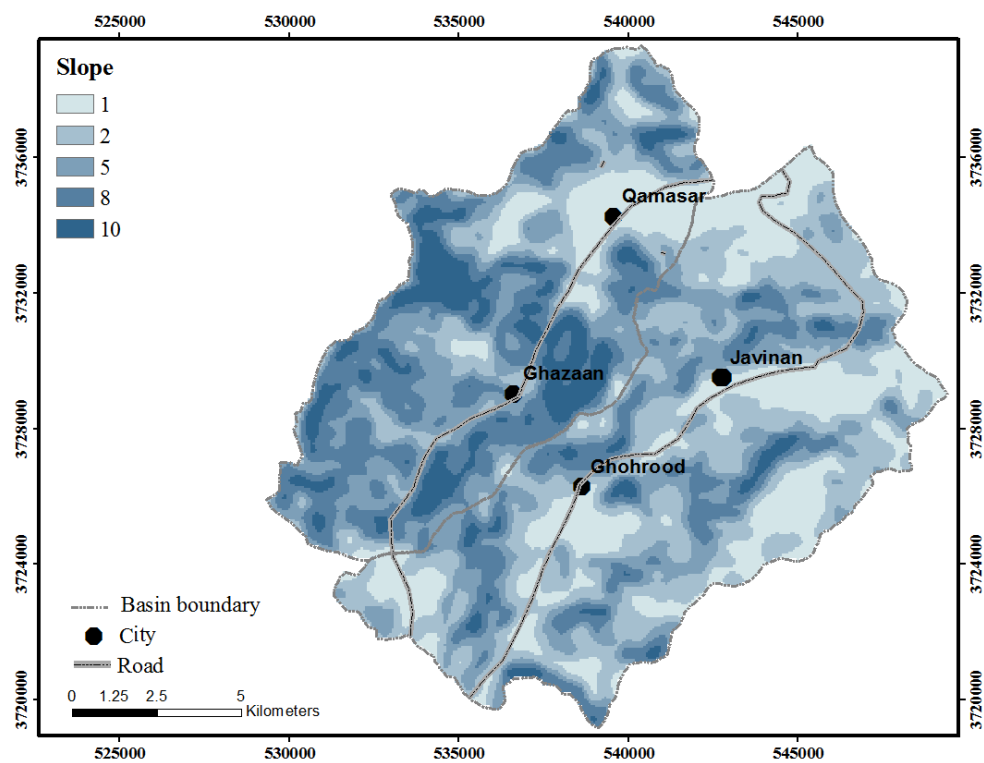


شکل ۴-۳۱- لایه پوشش مواد منفصل بر روی واحدهای سنگی

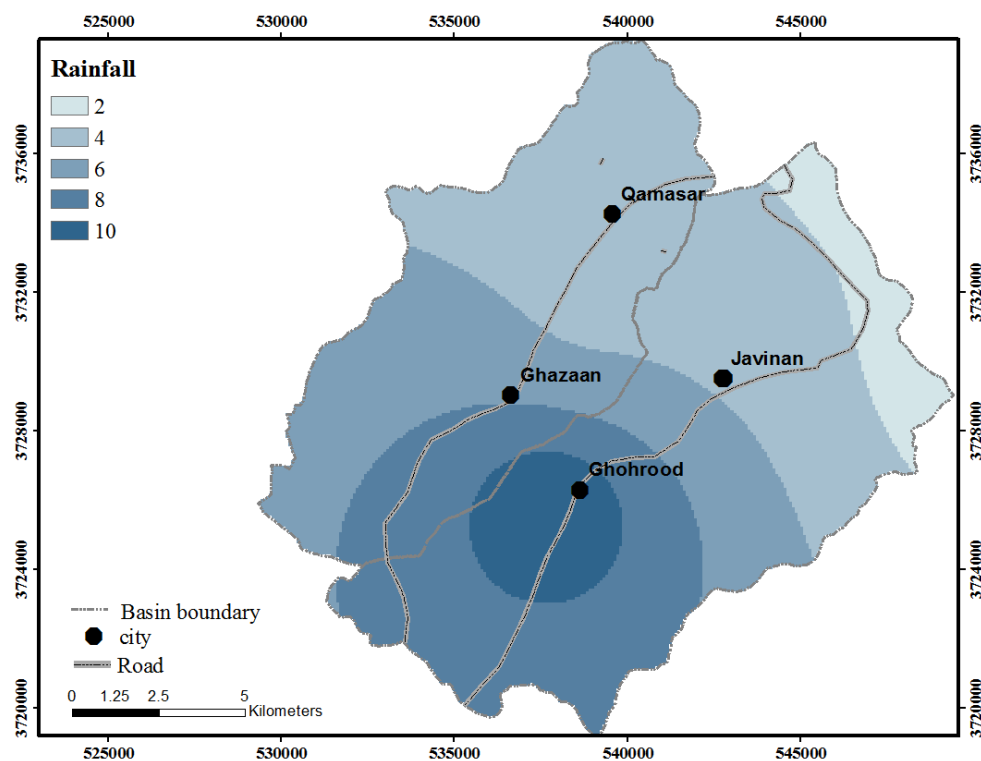
فصل چهارم: ارزیابی کمی و کیفی سیلاب در حوضه‌های قمصر و قهرود



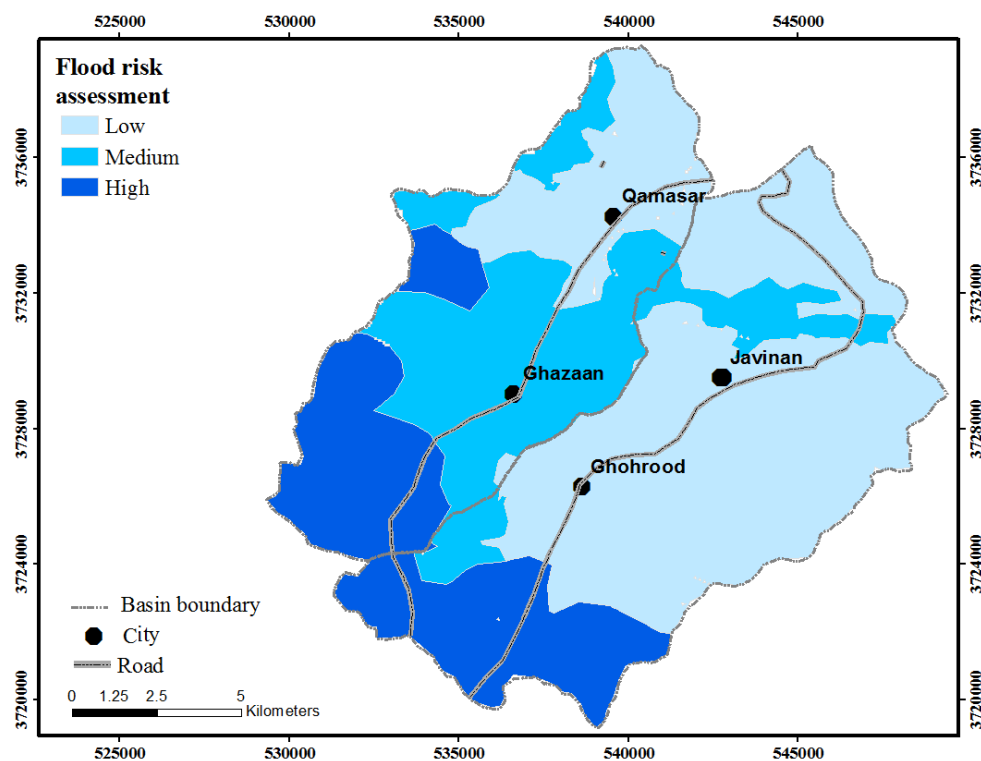
شکل ۴-۳۲- لایه پوشش گیاهی



شکل ۴-۳۳- لایه شیب



شکل ۴-۳- لایه باران



شکل ۴-۳- نقشه نهایی تهیه شده با روش کارشناسی

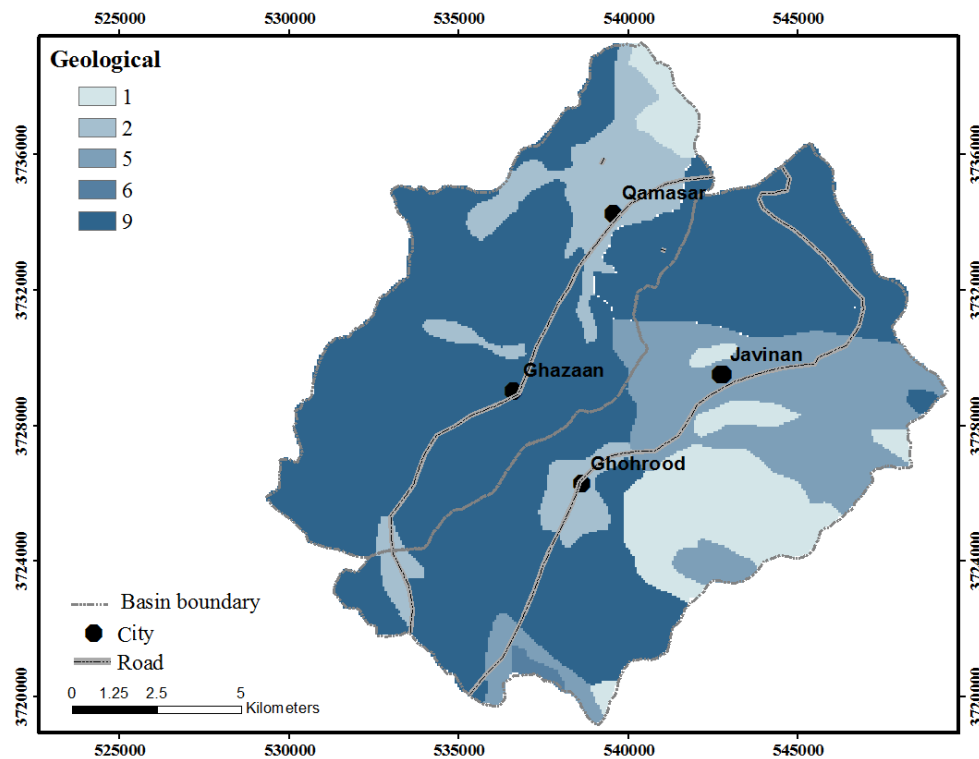
۴-۱۰-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی (مقایسه زوجی)

در این روش با استفاده از نظر کارشناس به هر کدام از لایه‌های تهیه شده ارزشی اختصاص می‌یابد. با استفاده از این ارزش‌ها برای هر پارامتر به صورت دو به دو مقایسه صورت می‌گیرد و در نهایت وزنی برای هر لایه تعریف می‌شود. هر چه مقدار این عدد بیشتر باشد ارزش بیشتری را نشان می‌دهد. ارزش‌های اختصاص یافته به هر لایه در نرم‌افزار GIS وارد شده و وزن محاسبه شده توسط این نرم‌افزار در جدول (۴-۱۷) نشان داده شده است.

جدول ۴-۱۷- مقادیر ارزش و وزن اعمال شده در روش مقایسه زوجی

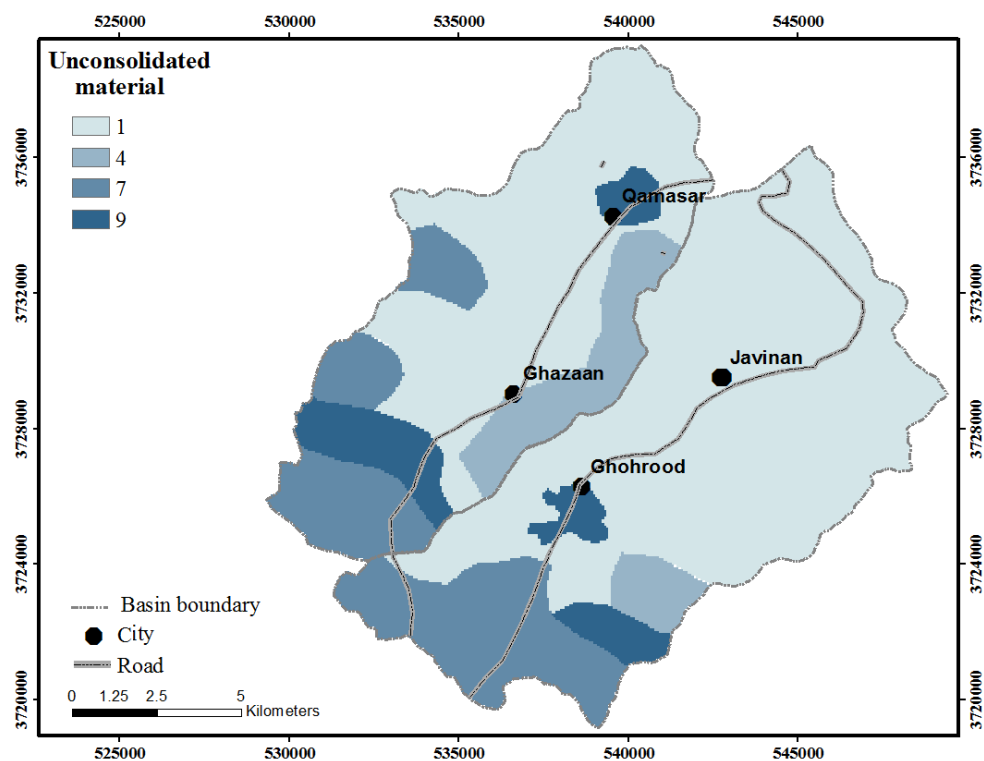
عوامل مؤثر	دسته‌بندی محدوده	ارزش هر دسته	وزن لایه	عوامل مؤثر	دسته‌بندی محدوده	ارزش هر دسته	وزن لایه
لیتولوژی	کربناته	۱	٪۱۵	شیب	۱-۸	۱	٪۲۶
	آبرفت	۲			۸-۱۳	۳	
	ماسه‌سنگ	۵			۱۳-۱۷	۶	
	مارن و آهک	۶			۱۷-۲۲	۷	
	آتش‌فشانی	۹			۲۲-۳۵	۹	
پوشش خاک	۰-۲۵	۹	٪۴۰	باران	کمتر از ۲۰۰	۱	٪۱۰
	۲۵-۵۰	۷			۲۰۰-۲۵۰	۲	
	۲۵-۷۵	۴			۲۵۰-۳۰۰	۳	
	۷۵-۱۰۰	۱			۳۰۰-۳۵۰	۴	
					بیشتر از ۳۵۰	۵	
پوشش گیاهی	انبوه	۱	٪۹				
	متوسط	۴					
	ضعیف	۷					
	خیلی ضعیف	۹					

در روش مقایسه زوجی نیز مانند روش کارشناسی، بیشترین ارزش به لایه پوشش خاک اختصاص یافت. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بیشترین میزان سیل‌خیزی در مناطق بدون واریزه وجود دارد و این امر می‌تواند به دلیل تأثیرگذاری پوشش واریزه‌ای در نفوذ آب حاصل از ریزش‌های جوی باشد (شکل ۴-۳۶ تا ۴-۴۱).

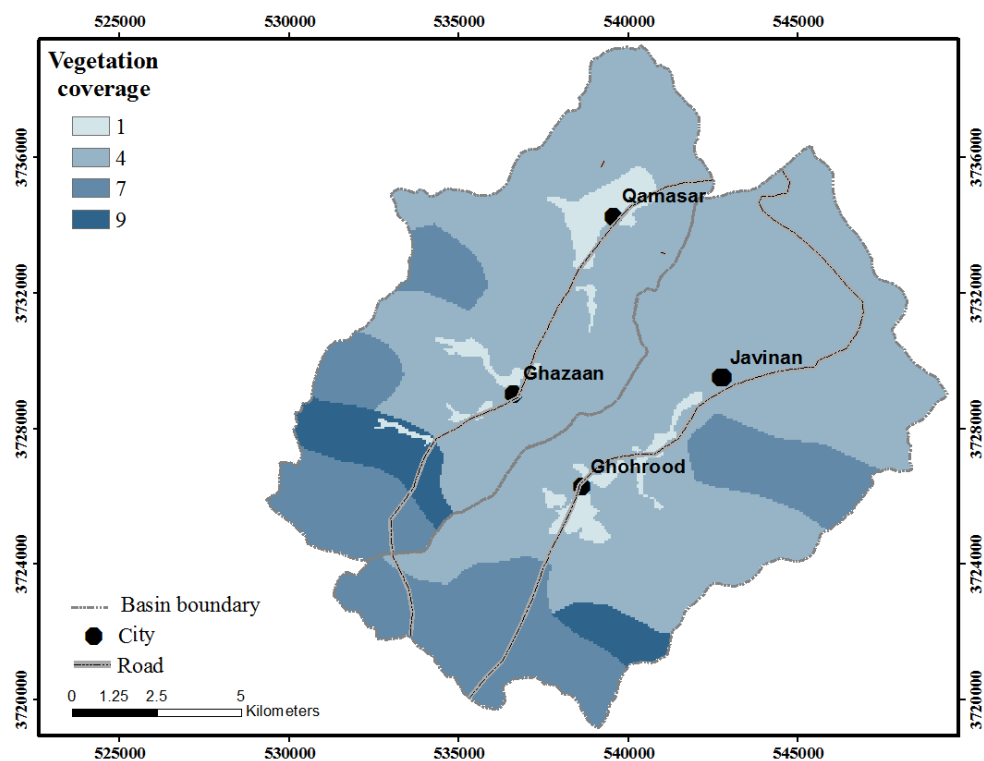


شکل ۴-۳۶ - لایه لیتولوژی

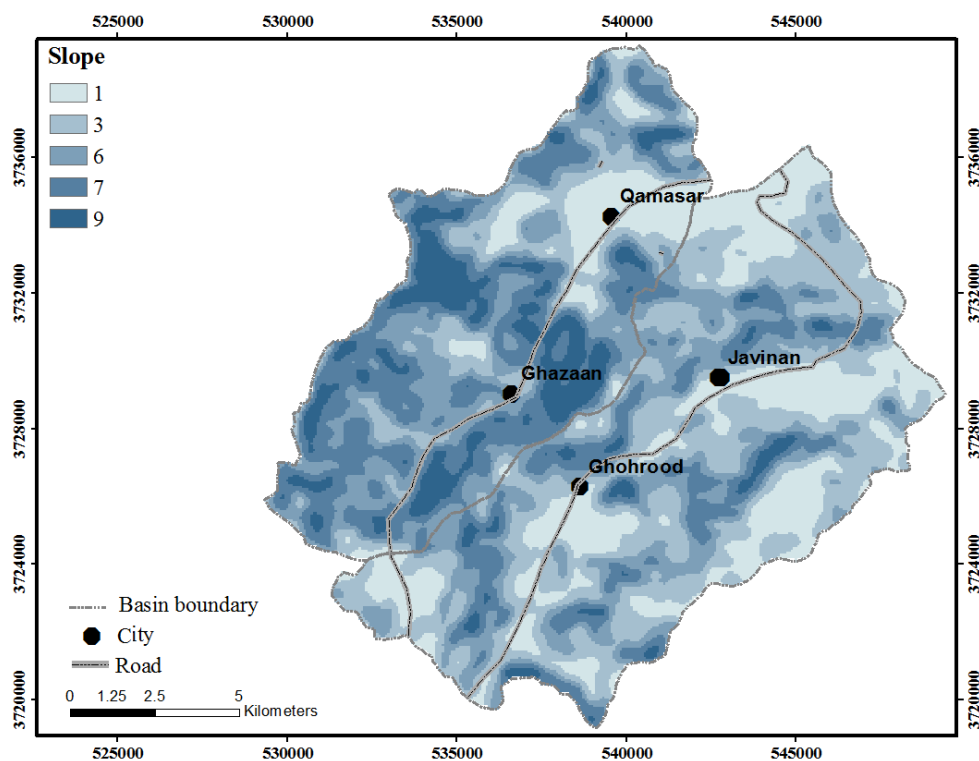
فصل چهارم: ارزیابی کمی و کیفی سیلاب در حوضه‌های قمصر و قهرود



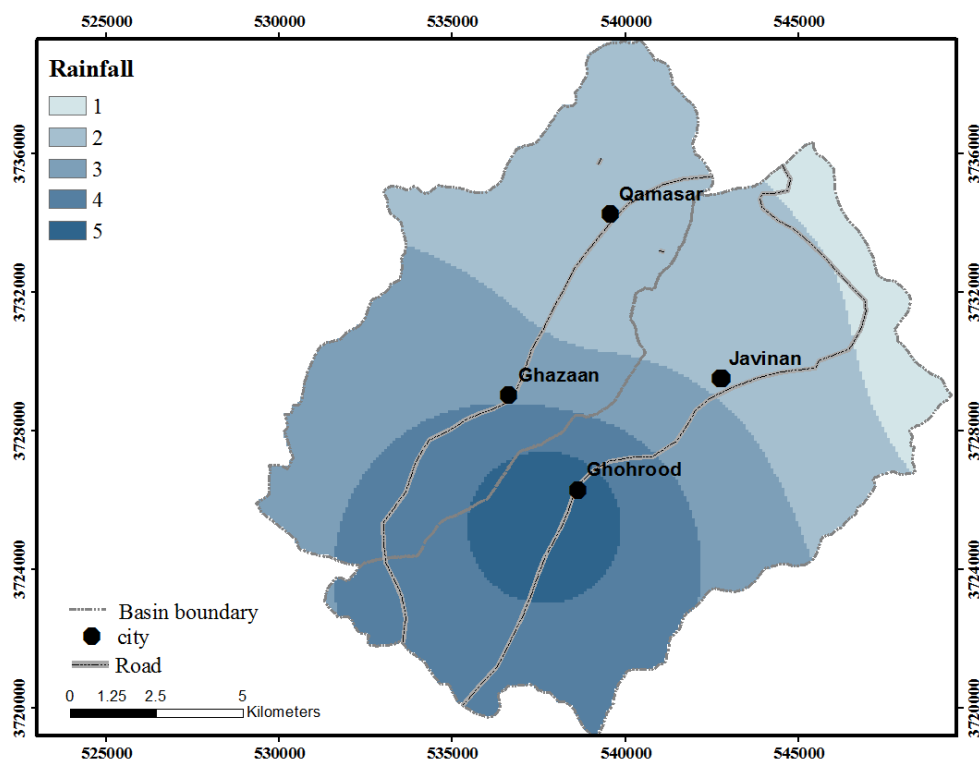
شکل ۴-۳۷- لایه پوشش مواد منفصل بر روی واحدهای سنگی



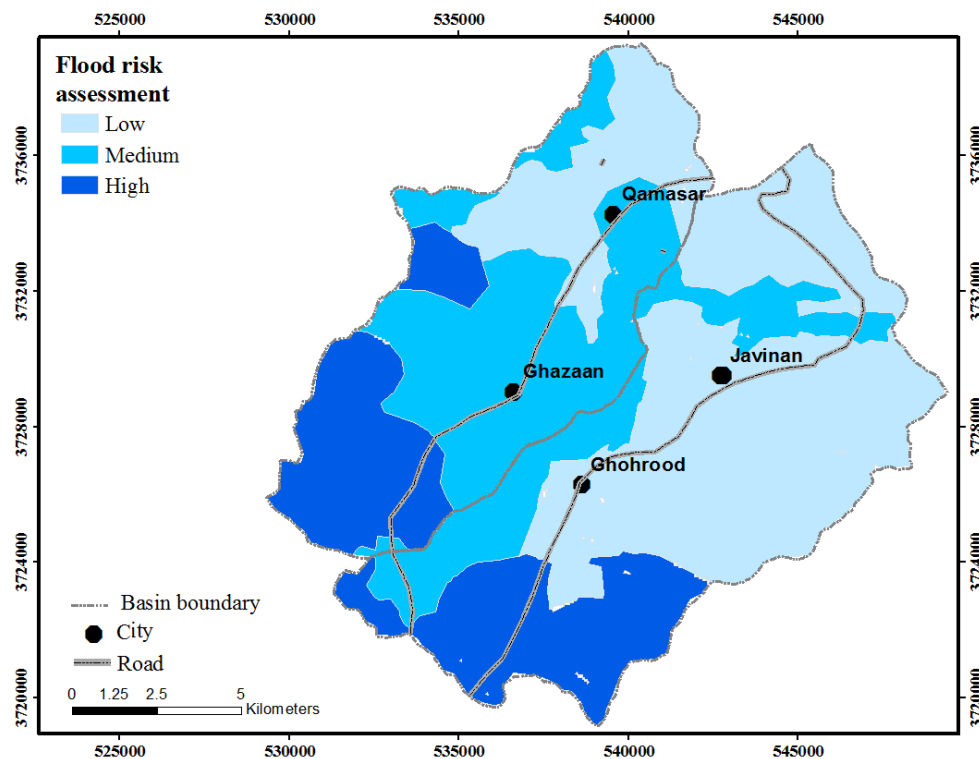
شکل ۴-۳۸- لایه پوشش گیاهی



شکل ۴-۳۹- لایه شیب



شکل ۴-۴۰- لایه باران



شکل ۴-۴۱ - نقشه نهایی تهیه شده با روش تحلیل سلسله مراتبی

پس از تهیه نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از دو روش کارشناسی و تحلیل سلسله مراتبی، این نقشه‌ها به سه کلاس تقسیم و بیشترین میزان سیل‌خیزی در بخش جنوبی و بالادست منطقه مشاهده شد. عدم پوشش واریزه‌ای، شیب زیاد، وجود توده‌های آذرین و دگرگونی و پوشش گیاهی ضعیف از عوامل مؤثر و مهم در سیل‌خیزی منطقه به شمار می‌روند.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری

همان‌گونه که در فصل‌های قبل اشاره شد، هدف از انجام این تحقیق ارزیابی کمی و کیفی سیلاب در حوضه‌های قمصر و قهرود است. در بخش کمیت سیلاب از آمار ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه استفاده و با بکارگیری روش استدلالی ضریب رواناب در طی سال‌های مختلف محاسبه شد. جهت تعیین دوره بازگشت سیلاب نیز از دبی حداکثر روزانه استفاده گردید. پس از برآزش بهترین تابع توزیع آماری در نرم‌افزار Smada و Easyfit، توزیع لوگ پیرسون تیپ سه به عنوان بهترین توزیع شناخته شد؛ همچنین با توجه به کاربرد مشترک نرم‌افزار Smada و Easyfit، نرم‌افزار Easyfit مزیت‌های بیشتری نسبت به نرم‌افزار Smada در این تحقیق از خود نشان داد. ضریب رواناب در سه فصل زمستان، بهار و تابستان محاسبه و به ترتیب برابر با ۰/۰۳، ۰/۰۲ و ۰/۲۶ بود.

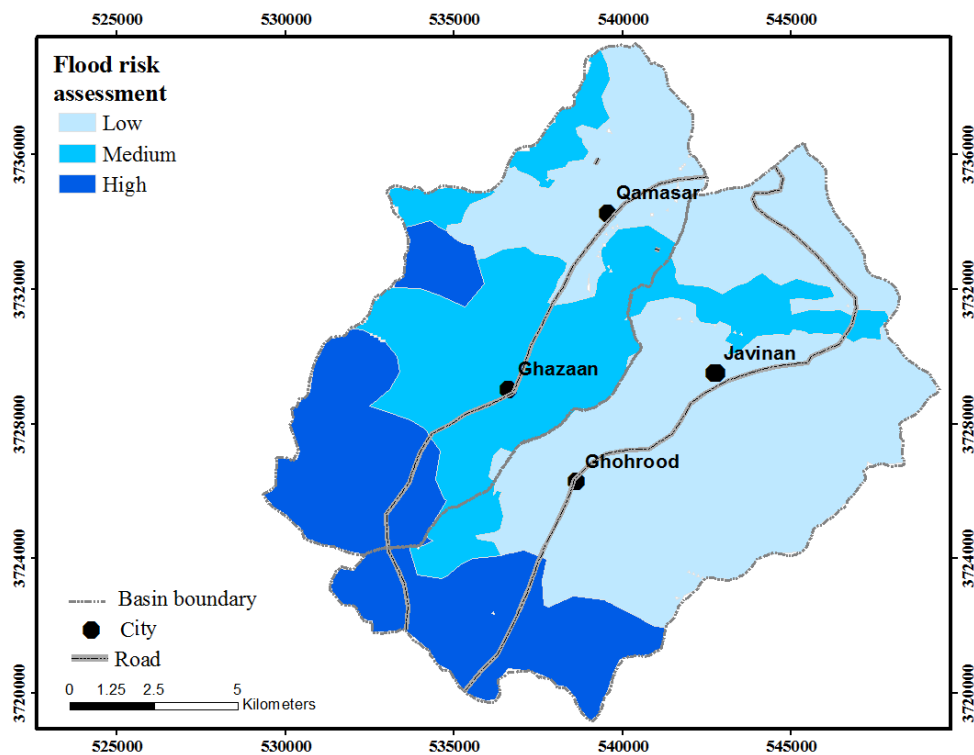
به‌منظور پهنه‌بندی خطر سیلاب و شناسایی عوامل مؤثر بر کمیت سیلاب در منطقه از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. به این منظور لایه‌های اطلاعاتی بارش، لیتولوژی، پوشش گیاهی، شیب و پوشش مواد منفصل بر روی واحدهای سنگی جهت ورود به نرم‌افزار GIS تهیه گردید. سرانجام با تحلیل‌های انجام شده مناطق پرخطر شناسایی شدند. وجود مواد منفصل بر روی توده‌های آذرین و دگرگونی در منطقه مانع از جریان یافتن نزولات جوی در سطح زمین شده و باعث نفوذ آب به داخل زمین می‌شوند؛ در نتیجه در این منطقه سیلاب‌های بزرگ به ندرت رخ می‌دهند. در این تحقیق به‌منظور کاهش تأثیر نظر کارشناسی

در ارزش‌دهی و وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی از دو روش کارشناسی و روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. مقایسه‌ای که بین نتایج دو روش فوق صورت گرفته نشان می‌دهد محدوده‌های پرخطر و کم‌خطر به ترتیب کمترین و بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵-۱). شکل‌های (۵-۱ و ۵-۲) نقشه نهایی تهیه شده با استفاده از دو روش کارشناسی و سلسله مراتبی را نشان می‌دهند. با توجه به این شکل‌ها بیشترین خطر در بخش‌های جنوبی و بالادست حوضه مشاهده می‌شود که این مناطق عمدتاً با محدوده‌هایی که کمترین واریزه‌ها را دارند منطبق می‌باشند.

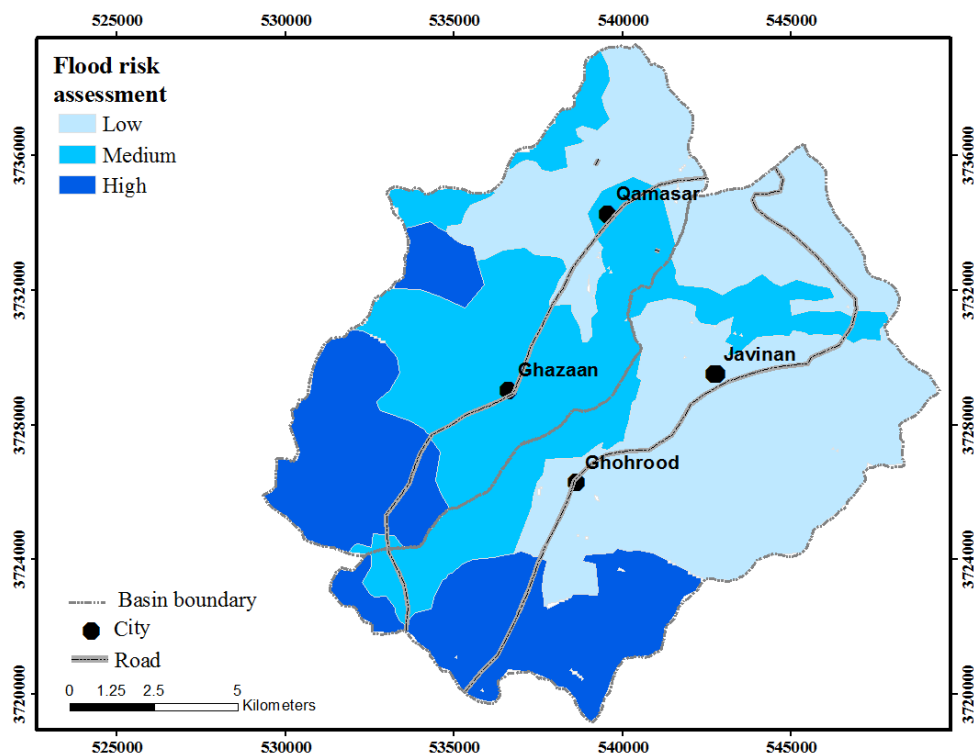
جدول ۵-۱- مقایسه سطح خطر روش کارشناسی و سلسله مراتبی

روش تحلیل سلسله مراتبی (%)	مساحت سطح روش تحلیل سلسله مراتبی (Km ²)	روش کارشناسی (%)	مساحت سطح روش کارشناسی (Km ²)	سطح خطر
۴۷	۱۰۷/۳	۵۲	۱۱۷/۷	کم
۳۰	۶۷/۶۲	۲۵	۵۶	متوسط
۲۳	۵۳/۲۷	۲۳	۵۱/۳	زیاد

در بخش ارزیابی کیفیت سیلاب، نتایج آنالیز نمونه‌های برداشتی کمترین و بیشترین املاح را به ترتیب در بخش‌های ابتدایی و انتهایی رودخانه قمصر نشان دادند؛ تیپ غالب آب سولفات و روند EC از جنوب به شمال حوضه روند افزایشی نشان داد.



شکل ۵-۱- نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از روش کارشناسی در حوضه‌های مورد مطالعه



شکل ۵-۲- نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در حوضه‌های مورد مطالعه

۵-۲- پیشنهادها

به منظور تحقیق بیشتر در زمینه این موضوع و افزایش دقت در نتایج بدست آمده موارد زیر پیشنهاد می‌گردد.

تهیه هیدروگراف سیل در زمان سیلاب

مقایسه زیر حوضه‌های مختلف به لحاظ سهمشان در تولید رواناب

منابع

اسدالهی پ. (۱۳۸۲) "پتروژنز و پتانسیل کانه‌زایی اسکارن‌های قهرود (جنوب شرق کاشان)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

آقائباتی ع. (۱۳۸۳) "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات مواد معدنی کشور
آقایاری سامیان ر.، خیام م. و صمدزاده ر. (۱۳۹۲) "تحلیل ویژگی‌های هیدروکلیماتولوژی حوضه آبریز رودخانه زال خلخال با تأکید بر کنترل سیلاب"، سومین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران.

الماسیان م.، روشن‌بخت ک. و توکلی‌زاده م. (۱۳۹۰) "حرکات تکتونیکی فعال و جوان در گستره کاشان، سامانه گسلی قم - زفره"، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی.

بحرینی ف.، پهلوان‌روی ا. (۱۳۹۰) "بررسی سیل‌خیزی در اثر تراوایی سازندهای زمین‌شناسی حوضه آبخیز (مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان، زیرحوضه خودکاووند)"، یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر.

ترابی پوده ح.، فتحی‌مقدم م. (۱۳۸۵) "کالیبراسیون روش دیکن در روش برآورد دبی حداکثر سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار خوزستان"، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود.

جعفریان آ.، حیدری ر.، ابراهیمی درچه خ. و بدیعی نامقی ح. (۱۳۸۹) "بررسی روش‌های برآورد سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار (مطالعه موردی: منطقه زیرکوه قاین)"، مجموعه مقالات ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و چهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب.

خامسی پور ا.، نقرئیان م.، مکی زاده م.ع. و نصرافهانی ع. (۱۳۸۸) "مشاهدات پتروگرافی برخی بافت‌های سنگ‌های توده‌های نفوذی اسکارن قمصر- فرفهان (جنوب شرق کاشان)".

دهقان ر. صفری ا. (۱۳۹۰) "زیست چینه‌نگاری و پالئواکولوژی سازند قم در ناحیه قهرود (جنوب کاشان)", نشریه علمی پژوهشی رخساره‌های رسوبی، ۵۳-۴۰.

سلیمان پور م.، زارع م. و ذوالفقاری م. (۱۳۹۲) "بررسی روند تغییرات رواناب در یک بازه زمانی ۵ ساله با استفاده از روش SCS در حوزه آبخیز مهارلو استان فارس"، دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم.

صالحی ا.، رفیعی ی.، فرزاد بهتاش م.ح. و آقابابایی م.ت. (۱۳۹۲) "پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی تهران)", محیط‌شناسی، سال سی و نهم، شماره 3، صفحه ۱۷۹-۱۸۸.

صفوی ح.ر. (۱۳۹۰) "هیدرولوژی مهندسی"، انتشارات اردکان دانش، چاپ سوم

گزارش کار شرکت مهندسين مشاور اداره امور آب شهرستان کاشان (۱۳۹۰).

عبدی پ.، زنجانی جم م. (۱۳۸۲) "محاسبه ضریب سیل‌خیزی با استفاده از GIS در سطح استان زنجان".

عظیمی حسینی م.، نظری فر م.ه. و مؤمنی ر. (۱۳۸۹) "کاربرد GIS در مکانیابی"، مهرگان قلم، صفحه ۳۰۴.

علیزاده ا. (۱۳۸۷) "اصول هیدرولوژی کاربردی"، چاپ بیست و پنجم، انتشارات آستان قدس رضوی.

علیدوست م.، صبح‌زاهدی ش. و پور نصراله م.ر. (۱۳۸۵) "اثرات پوشش جنگلی در کاهش و جلوگیری از بروز سیل و تخریب در مناطق کوهستانی شرق گیلان"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، همایش منابع طبیعی و توسعه پایدار در عرصه‌های جنوبی دریای خزر.

غریب م. (۱۳۸۴) "انتخاب مناسب‌ترین توزیع فراوانی برای پیش‌بینی دبی حداکثر لحظه‌ای (مطالعه موردی چند حوزه آبخیز استان گلستان)"، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک.

فروزنده ف. (۱۳۸۷) "هیدرولوژی کاربردی" ترجمه ون ته چاو، دیوید آ میدنت، لاری دبیلو میز، مرکز نشر دانشگاهی.

فیض‌نیا س.، یونس‌زاده جلیلی س.، کریمی‌زاده ک. و غفاری گ. (۱۳۸۸) "بررسی تراوایی و سیل‌خیزی واحدهای سنگی در زیر حوضه دنبلید، حوضه آبخیز طالقان"، همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری.

کلیمی خ.، کرمی غ.ج. و یخکشی ا. (۱۳۸۵) "ارزیابی زیست‌محیطی سیلاب‌های بزرگ مطالعه موردی حوضه گرگان‌رود"، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس.

ملکیان آ.، افتادگان خوزانی ا. و عشورنژاد غ. (۱۳۹۱) "پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ی آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی"، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۴، صص ۱۵۲-۱۳۱.

ملکی‌نژاد ح.، پورمحمدی س. (۱۳۸۸) "بررسی کارایی تکنیک هیبرید جهت برآورد دبی حداکثر سیلاب در برخی مناطق مرکزی ایران"، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری در ایران.

موسوی حرمی ر. (۱۳۶۷) "رسوب‌شناسی" مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، صفحه ۵۹-۵۷.

مؤذنی م.، نظری س. و حسینی س. (۱۳۹۲) "برآورد دبی سیل در حوضه‌های بدون آمار (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودخانه دشت روم)"، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان.

نظم‌فر ح.، بهشتی جاوید ا. و فتحی م.ح. (۱۳۹۲) "پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و سیل‌گیری با مدل منطق‌فازی (مطالعه موردی: حوضه رودخانه قوری‌چای)"، دومین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات محیطی. نکوئیان ص.، هنربخش ا.، ساداتی‌نژاد ج. و فتاحی ر. (۱۳۹۰) "انتخاب بهترین توزیع آماری با پارامترهای مختلف با دو روش آزمون کلموگروف- اسمیرنوف و آزمون مربع کای با استفاده از نرم‌افزار FFA در برآورد سیلاب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کارون شمالی)"، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک.

هدایتی‌زاده م.، گلستانی م. و کاویان‌پور م.ر. (۱۳۹۰) "مدل‌بندی منطقه‌ای سیلاب به روش همبستگی چندگانه (مطالعه موردی: زیرحوضه جنوبی دریاچه ارومیه)"، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.

Abu Hussein A.S. (1994) "The effect of the Red Sea trough on Jordan climate during the fall and spring seasons", Geography department, university of Jordan, Amman, Jordan (In Arabic).

Baborowski M., Simeonov V. and Einax J.W. (2012) "Assessment of water quality in the Elbe river at flood water conditions based on Cluster Analysis, Principle Components Analysis and Source Apportionment", Clean- soil, air, water, pp 373–380.

Battany M.C., Grismer M.E. (2000) "Rainfall runoff and erosion in Napa valley vineyards: effects of slope, cover and surface roughness", Hydrological processes hydrol.

Chen Y.R., Yeh C.H. and Yeh B. (2011) "Integrated application of the analytic hierarchy process and the geographic information system for flood risk assessment and flood plain management in Taiwan", Nat hazards, pp 1261–1276.

Cheng Q., Ma W. and Cai Q. (2008) "The relative importance of soil crust and slope angle in runoff and soil loss: a case study in the hilly areas of the Loess Plateau, North China" GeoJournal, pp 117–125.

Duran Zuazo V.H., Francia Martinez J.R., Rodriguez Pleguezuelo C.R., Martinez Raya A. and Carceles Rodriguez B. (2006) "Soil-erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (se Spain): Implications for sustainable agriculture", Environmentalist, pp 309–319.

Ekwue E.I., Harrilal A. (2010) "Effect of soil type, peat, slope, compaction effort and their

interaction on infiltration, runoff and raindrop erosion of some Trinidadian soils”, *Biosystems Engineering*, vol. 105, pp 112-118.

Esteves M., Lapetite J.M. (2003) “A multi-scale approach of runoff generation in a Sahelian gully catchment: a case study in Niger”, *Catena*, 50:255–271.

Evelt S.R., Dutt G.R. (1985) “Length and slope effects on runoff from sodium dispersed”, compacted earth microcatchments, *Soil Sci. Soc. Am, J.* 49, 734-738.

Fang H.Y., Cai Q.G., Chen H. and Li Q.Y. (2008) “Effect of Rainfall Regime and Slope on Runoff in a Gullied Loess Region on the Loess Plateau in China”, *Environmental Management*, pp 402–411.

Fernández D.S., Lutz M.A. (2010) “Urban flood hazard zoning in Tucumán province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis”, *Engineering geology*, pp 90–98.

Gautam K.P., Van der Hoek E.E. (2003) “Literature study of Environmental Impact of Floods”, *Geo delft*.

Gomaa M.D., Meraj N.M. and Khalid A.A. (2013) “Assessment of several flood estimation methodologies in Makkah metropolitan area, Saudi Arabia”, *Arab J geosci*, pp 985–993.

Goolsby D.A. (1995), *Overview of flood studies*.

Hadadian N. (2013). “Evaluation of several techniques for estimating stormwater runoff.

Hart B.T., Day G., Sharp-Pual A. and Beer T. (1988) “Water quality variations during a flood event in the Annan river, north Queensland”, *Aust. J. Mar. freshwater res*, 39, pp 225-43.

Jahangir T.M., Khuhawar M.Y., Leghari S.M., Mahar M.T. and Mahar K.P. (2013) “Water quality and sediment assessment of Manchar lake, Sindh, Pakistan: after effects of the super flood of 2010”, *Arab J geosci*.

Joel A., Messing I., Seguel O. and Casanova M. (2002) “Measurement of surface, water runoff from plots of two different sizes”, *Hydrological Processes*, 16:1467–1478.

Junling L., Huailiang C., Zhongyang L. and Chunhui Z. (2010) “Integrated GIS/AHP-based flood disaster risk assessment and zonation: a case study of Henan province, China” *Remote sensing for agriculture, ecosystems and hydrology*.

Khaldoon A.A. (2011) "Floods As Water Resource and As a Hazard in Arid Regions: a Case Study in Southern Jordan", *Journal of Civil Engineering*, Volume 5, No. 1.

Kuppuraj R.M., Selvaraj D., Govindaraj S., Rangaswamy M., Narayanasamy J R. and Kuppanagounder K. (2012) "Assessment of groundwater quality in the flood plains of upper Palar river, India", *Geochem*, pp 015–023.

Lal R. (1993) "Soil degredative effects of slope length and Tillage methods on Alfisols in western Nigeria I runoff erosion and crop response", *Land degradation & development*, vol. 8, pp 201-219.

Lal.R. (1983) "Effects of slope length on runoff from Alfisols in western Nigeria", *Geoderma*, 185-193.

Liu Y.B., De Smedt F., Hoffmann L. and Pfister L. (2004) "Assessing land use impacts on flood processes in complex terrain by using GIS and modeling approach", *Environmental modeling and assessment*, pp 227–235.

Pu-mei L., Hai-kui I, CaPping S, Yan C, Zhi-qiang Y, (2001) "Measurement assessment of forest benefit in reducing flood disaster", *Journal of Forestry*, pp 71-72.

Qing.Q.M, Tang H.M. and Chen H.K. (2011) "Zoning of highway flood-triggering environment for highway in Fuling district, Chongqing", *International conference on photonics*.

Rahman A., Nawaz Khan A. (2013) "Analysis of 2010-flood causes, nature and magnitude in the Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan", *Nat hazards*, vol. 66, pp 887-904.

Rakhecha, P.R., Singh V.P. (2009) "Applied hydrometeorology", Springer Netherlands, pp 343-352.

Reaney, S.M., Bracken L.J. and Kirkby M.J. (2007). "Use of the Connectivity of Runoff Model (CRUM) to investigate the influence of storm characteristics on runoff generation and connectivity in semi-arid areas", *Hydrological processes*, Vol. 21, pp 894-906.

Rumi S.R.A. "Flood damage and defence in northern Bangladesh: practical experience of 1998 flood", *Flood defence 2002*.

Saaty T.L. (1980) "The Analytic Hierarchy Process", Mc Graw-Hill international. New York, NY, U.S.A.

Simpson S.C., Meixner T. and Hogan J.F. (2013) "The role of flood size and duration on

streamflow and riparian groundwater composition in a semi-arid basin”, *Journal of hydrology*, vol. 488, pp 126-135.

Sinha R., Bapalu G.V., Singh L.K. and Rath B. (2008) “Flood risk analysis in the Kosi river basin, North Bihar using multi-parametric approach of Analytical Hierarchy Process (AHP)”, *Indian soc. remote sens*, pp 335-349.

Van de Giesen N., Stomph T.J. and de Ridder N. (2000) “Scale effects of Hortonian overland flow and rainfall-runoff dynamics in a West African catena landscape”, *Hydrological Processes*, 14:165–175.

Van de Giesen N., Stomph T.J. and de Ridder N. (2005) “Surface runoff scale effects in West African watersheds: modeling and management options”, *Agriculture Water Management*, 72:109–113.

Wei W., Chen L., Fu B., Huang Z., Wu D. and Gui L. (2007) “The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China”, *Journal of hydrology*, vol. 335, pp 247-258.

Weilhoefer C.L., Pan Y. and Eppard S. (2008) “The effects of river flood waters on flood plain wetland water quality and diatom assemblages”, *Wetlands*, vol. 28, No. 2, pp 473–486.

Weingartner R., Barben M.M. and Spreafico M. (2003) “Floods in mountain areas- an overview based on examples from Switzerland”, *Journal of hydrology*, Vol. 282, pp 10-24.

Willett K., Sharda R. (1991) “Using the Analytic Hierarchy Process in water resources planning: Selection of flood control projects”, *Journal of socio-economic planning sciences*, No. 25, pp. 103-112.

Wilson E.M. (1983) “Engineering hydrology”, Macmillan, pp 119-124.

-Yüksek Ö., Kankal M. and Üçüncü O. (2013) “Assessment of big floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey”, *Environ monit assess*, vol. 185, pp 797-814.

Zaman M.A., Rahman A. and Haddad K. (2012) “Regional flood frequency analysis in arid regions: A case study for Australia”, *Journal of Hydrology*, pp 74-83.

Zhang J., Okada N., Tatano H. and Hayakawa S. (2002) “Risk assessment and zoning of flood damage caused by heavy rainfall in Yamaguchi prefecture, Japan”, *Flood Defence*.

Abstract

Flood, is one of natural disasters, causes considerable damages annually in almost all parts of the world including Iran. Qamsar and Ghohrood basins are located in south of Kashan include occasionally flood happening. There is no comprehensive study on flood characteristics in Qamsar and Ghohrood so far. There for the main aim if this research is assessing the potential of flooding in the study region. In order to assess the flooding condition in the study region, after field abservation, the factors affecting runoff (including unconsolidated materials, slope, rainfall, vegetation and lithology) were identified. Then the layers of information related to the mentioned parameters prepared and weighted in the GIS environment and using expertness and AHP methods. After combining the above mentioned in formation layers the final map of flooding hazards was prepared. The obtained results indicate that the highest risk of flooding are located in south parts (upstream) of the basins. Moreover, using hydrometric data for the period of 1347-1392 the recharge coefficient was calculated for basins Qamsar and Ghohrood. In addition, the runoff coefficient has been calculated for seasons of winter, spring and summer in the study basins which equals 0.03, 0.02 and 0.26, respectively. Furthermore, Smada and Easyfit softwares have been used for determining the statistical distribution function and return period. The best statistical distribution for hydrometric data was Log Pearson type III distribution. Assessment of surface water quality in the studied basins indicates that the values of electrical conductivity and major ions have markedly increased for upstream to downstream in both basins.

Key words: Floods, Runoff coefficient, Qamsar and Ghohrood



Shahrood University

Faculty of Earth Sciences

MSc. Thesis

**Evaluating the quantity and quality of floods in
Qamsar and Ghohrood basins**

Mahboobe Sade Ghamsary

Supervisor

Dr. G. H. Karami

February 2015