





دانشکده علوم زمین
گروه زمین‌شناسی زیست محیطی

عنوان پایان‌نامه ارشد:
بررسی کمی و کیفی سیلاب در منطقه ترود استان سمنان
و روش‌های مدیریت آن

دانشجو:
زهرا رحیمی

استاد راهنما:
دکتر غلامحسین گرمی

استاد مشاور:
دکتر صمد امامقلی‌زاده

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیر ۱۳۹۰

تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و مهربانم

که در تمامی مراحل زندگی پشتیبان من بودند.

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خداوند حکیم و مهربان را که همواره مرا مورد لطف خود قرار داده و منت بر من نهاد تا در راه کسب دانش و معرفت او بکوشم. اکنون که قسمتی از مسیر زندگی را در گردآوری این پایان نامه به سر برده‌ام برخود واجب می‌دانم از کمک‌های بی‌دریغ خانواده عزیزم، به‌ویژه پدر و مادر نازنینم، قدردانی کنم.

همچنین برخود لازم و واجب می‌دانم، نهایت تشکر و قدردانی از زحمات اساتید گرانقدرم، به‌ویژه آقای دکتر کرمی و آقای دکتر امامقلی‌زاده، که بهره‌های فراوان از راهنمایی‌ها و کمک‌های بی‌دریغ ایشان برده‌ام، اعلام نمایم.

از خانم سعیدی، خانم فارسی، آقای خانعلی‌زاده و آقای میرباقری به خاطر همکاری‌شان ممنون می‌باشم. از دوستان خوبم خانم ابراهیمی، خانم حیدریان، خانم موسوی، خانم کریمی، خانم ندایی و خانم حسنونند که در تمام مراحل پایان‌نامه‌ام یاریگر من بودند، متشکرم.

تعهد نامه

اینجانب زهرا رحیمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی زیست محیطی دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی کمی و کیفی سیلاب منطقه تروود استان سمنان و روش های مدیریت آن تحت راهنمایی دکتر غلامحسین کرمی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۹۰/۵/۹



امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

منطقه مورد مطالعه، منطقه‌ای کویری با مساحت حدود ۳۶۰ کیلومتر مربع می‌باشد، که در فاصله ۱۵ کیلومتری غرب روستای ترود و در فاصله ۱۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان شاهرود قرار گرفته است. این منطقه شامل سه زیرحوضه اصلی به نام‌های چاه‌موسی، واجارو و سرتخت می‌باشد و از نظر اقلیمی منطقه‌ای خشک قلمداد می‌شود. با وجود کم‌آبی شدید در این منطقه و کیفیت پایین آب‌های زیرزمینی، هر ساله مقادیر بالای آب با کیفیت مناسب از حوضه‌های این منطقه به نمکزارهای جنوب روستای ترود می‌ریزد و از دسترس خارج می‌شود. در این تحقیق کمیت و کیفیت سیلاب حوضه‌های این منطقه مورد بررسی قرار گرفته و راهکار مدیریتی مناسب جهت مهار سیلاب هر حوضه بیان شده است. برای بررسی کمی سیلاب در این حوضه‌ها، با توجه به نبود داده‌های بارندگی در حوضه‌ها، از داده‌های بارندگی ایستگاه ترود با طول دوره آماری ۲۵ ساله استفاده شده و با استفاده از روابط استدلالی مقدار رواناب برای دوره بازگشت‌های مختلف برای هر سه حوضه برآورد شده است. بنابر نتایج حاصله، مقدار رواناب برای دوره بازگشت پنج ساله در حوضه‌های چاه‌موسی، واجارو و سرتخت به ترتیب برابر با ۱/۳، ۲/۴ و ۰/۶ میلیون متر مکعب و برای دوره بازگشت‌های ۱۰۰ ساله به ترتیب برابر با ۲/۳، ۴/۳ و ۱/۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. جهت بررسی کیفی سیلاب‌های منطقه، خصوصیات کیفی آب سیلاب و آب زیرزمینی اندازه‌گیری و با هم مقایسه شده‌اند. نتایج حاصله حاکی از کیفیت بسیار بهتر سیلاب حوضه‌های مورد مطالعه در مقایسه با آب زیرزمینی منطقه می‌باشد. درنهایت با در نظر گرفتن خصوصیات کمی و کیفی سیلاب‌های منطقه و خصوصیات فیزیوگرافی هر حوضه، برای مهار سیلاب در حوضه واجارو راهکار احداث بند خاکی و در حوضه‌های چاه‌موسی و سرتخت راهکار احداث شبکه‌های تغذیه مصنوعی پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: سیلاب، حوضه‌های فاقد آمار، روابط استدلالی، کیفیت، ترود

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

رحیمی ز، کرمی غ، امامقلی زاده ص، و میرباقری ر. (۱۳۸۹) "برآورد رواناب سطحی در حوضه ولکانیکی واجارو" چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، ارومیه.

رحیمی ز، و کرمی غ. (۱۳۹۰) "ارزیابی سیل خیزی حوضه های کوهستانی غرب ترود" چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

رحیمی ز، کرمی غ، و امامقلی زاده ص. (۱۳۸۹) "برآورد رواناب سطحی در حوضه ولکانیکی سرتخت" چهارمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور، مشهد.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- بیان مسئله ۱
- ۲-۱- هدف از انجام تحقیق ۲
- ۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۳
- ۴-۱- هواشناسی منطقه ۶
- ۵-۱- زمین‌شناسی منطقه ۸
- ۱-۵-۱- چین‌شناسی منطقه ۸
- الف- واحدهای سنگی ائوسن ۸
- ب- توده‌های نفوذی عمیق و نیمه عمیق الیگومیوسن ۹
- ج - نهشته‌های کواترنری ۱۱
- ۱-۵-۲- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه ۱۱
- ۶-۱- ژئومرفولوژی منطقه ۱۲
- ۷-۱- هیدروولوژی منطقه ۱۵
- ۸-۱- هیدروژئولوژی منطقه ۱۵

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته

- ۱-۲- مقدمه ۱۷
- ۲-۲- هیدروولوژی و سیل‌خیزی مناطق خشک ۱۸
- ۳-۲- برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار ۱۹
- ۱-۳-۲- پارامترهای موثر در برآورد رواناب ۲۰
- ۲-۳-۲- روش‌های رایج برای برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار ۲۲

- الف- برآورد رواناب به روش SCS ۲۲
- ب- برآورد رواناب به روش منطقی (استدلالی)..... ۲۴
- ج- برآورد رواناب به روش مدت- مساحت..... ۲۵
- ۴-۲- کیفیت سیلاب در مناطق خشک ۲۵
- ۵-۲- مدیریت سیلاب در مناطق خشک ۲۶

فصل سوم: روش انجام کار

- ۳-۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز در منطقه مورد نظر ۳۱
- ۳-۲- بازدیدهای صحرایی ۳۱
- ۳-۳- تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه ۳۱
- ۳-۴- تجزیه و تحلیل آمار بارندگی در منطقه ۳۳
- ۳-۴-۱- آزمون نرمال بودن داده‌ها ۳۳
- ۳-۴-۲- تعیین توزیع احتمالاتی مناسب داده‌های بارندگی ایستگاه ترود ۳۳
- ۳-۴-۳- برآورد متوسط بارندگی در ایستگاه ترود برای دوره بازگشت‌های مختلف ۳۴
- ۳-۴-۴- آزمون همگنی داده‌ها ۳۴
- ۳-۴-۵- تعیین میانگین بارندگی سالیانه منطقه با استفاده از نمودار بارندگی- ارتفاع ۳۵
- ۳-۴-۶- برآورد میانگین بارندگی در حوضه‌های مورد مطالعه برای دوره بازگشت‌های مختلف ۳۵
- ۳-۵- بررسی کمی سیلاب در منطقه ترود ۳۵
- ۳-۶- بررسی کیفی سیلاب در منطقه ترود ۳۷
- ۳-۶-۱- نمونه‌برداری از قنات اصلی روستای ترود و سیلاب‌های منطقه در چند نوبت ۳۷
- ۳-۶-۲- اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سیلاب‌ها و قنات‌های منطقه ۳۷
- ۳-۷- ارائه راهکار مدیریتی مناسب برای هر حوضه ۳۳

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی سیلاب‌های ناحیه غرب ترود

۳۹	۱-۴- مقدمه
۴۰	۲-۴- تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه
۴۴	۳-۴- تجزیه و تحلیل آمار بارندگی در منطقه
۴۴	۱-۳-۴- آزمون نرمال بودن داده‌ها
۴۵	۲-۳-۴- تعیین توزیع احتمالاتی مناسب داده‌های بارندگی ایستگاه ترود
۱۵	۳-۳-۴- برآورد مقدار بارندگی ایستگاه ترود در دوره بازگشت‌های مختلف
۵۳	۴-۳-۴- آزمون همگنی داده‌ها
۵۸	۵-۳-۴- تعیین میانگین بارندگی سالیانه در منطقه با استفاده از رابطه بارندگی- ارتفاع
۶۲	۶-۳-۴- برآورد میانگین بارندگی در حوضه‌های مورد مطالعه برای دوره بازگشت‌های مختلف
۶۵	۴-۴- بررسی کمی سیلاب در منطقه ترود
۶۵	۱-۴-۴- ضریب رواناب
۶۶	۲-۴-۴- حوضه چاه‌موسی
۶۷	۳-۴-۴- حوضه واجارو
۶۸	۴-۴-۴- حوضه سرتخت
۶۹	۵-۴- بررسی کیفی سیلاب در منطقه ترود
۶۹	۱-۵-۴- نمونه‌برداری از قنات اصلی روستای ترود و سیلاب‌های منطقه در چند نوبت
۷۰	۲-۵-۴- آنالیز آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی آب قنات و نمونه‌های سیلاب منطقه
۷۱	۳-۵-۴- بررسی مقادیر پارامترهای محاسبه شده
۷۶	۳-۵-۴- بررسی زون‌های غالب یونی در آب‌های منطقه
۷۷	۴-۵-۴- بررسی تیپ آب‌های منطقه
۸۰	۵-۵-۴- بررسی کیفیت آب‌های منطقه از نظر کشاورزی

۶-۴- راهکارهای مناسب برای مهار سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه..... ۸۳

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- مقدمه..... ۸۷

۵-۲- ارزیابی کمی سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه..... ۸۷۹

۵-۲-۱- متوسط بارندگی در حوضه‌های منطقه..... ۸۸

۵-۲-۲- میزان رواناب برای دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه‌های منطقه..... ۸۸

۵-۳- وضعیت کیفی آب زیرزمینی و سیلاب برای حوضه‌های مورد مطالعه..... ۸۹

۵-۴- راهکارهای مدیریتی برای مهارسیلاب در منطقه مورد مطالعه..... ۹۰

۵-۵- پیشنهادها..... ۹۳

پیوست..... ۹۴

فهرست منابع..... ۱۰۴

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن..... ۴
- شکل ۱-۲- عکس ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه ۵
- شکل ۱-۳- نمایی از اقلیم خشک منطقه در حوضه سرتخت ۷
- شکل ۱-۴- نمایی از ارتفاعات آندزیتی منطقه در دهانه خروجی حوضه واجارو ۹
- شکل ۱-۵- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۱۰
- شکل ۱-۶- نمای ژئومورفولوژی منطقه در عکس ماهواره‌ای ۱۳
- شکل ۱-۷- نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه ۱۴
- شکل ۱-۸- چشمه کال نرگس ۱۶
- شکل ۱-۳- حوضه‌های منطقه ۳۲
- شکل ۲-۳- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده ۳۶
- شکل ۴-۱- منحنی هیپسومتری حوضه چاه‌موسی ۴۲
- شکل ۴-۲- منحنی هیپسومتری حوضه واجارو ۴۲
- شکل ۴-۳- منحنی هیپسومتری حوضه سرتخت ۴۳
- شکل ۴-۴- نمودار Q-Q داده‌های بارندگی ایستگاه ترود ۴۵
- شکل ۴-۵- توزیع نرمال ۴۸
- شکل ۴-۶- توزیع لوگ نرمال (سه پارامتری) ۴۸
- شکل ۴-۷- توزیع پیرسون نوع سه ۴۹
- شکل ۴-۸- توزیع لوگ نرمال دو پارامتری ۴۹
- شکل ۴-۹- توزیع لوگ پیرسون نوع سه ۴۹
- شکل ۴-۱۰- توزیع گامبل ۵۰
- شکل ۴-۱۱- نمودار جرم مضاعف ایستگاه ترود ۵۵

- شکل ۴-۱۲- مقادیر u مجاز برای مقادیر a و b های مختلف ۵۷
- شکل ۴-۱۳- نمودار ارتفاع- بارندگی ایستگاه‌های منطقه ۵۸
- شکل ۴-۱۴- برآورد میانگین بارندگی هر حوضه با توجه به نمودار ارتفاع- بارندگی ۶۲
- شکل ۴-۱۵- نمودار پایپر آب‌های منطقه ۷۷
- شکل ۴-۱۶- نمودار استیف نمونه آب قنات اصلی ترود ۷۸
- شکل ۴-۱۷- نمودار استیف نمونه آب قنات چاه‌موسی ۷۸
- شکل ۴-۱۸- نمودار استیف نمونه آب سیلاب حوضه چاه‌موسی ۷۹
- شکل ۴-۱۹- نمودار استیف نمونه آب سیلاب حوضه واجارو ۷۹
- شکل ۴-۲۰- نمودار ویلکاکس آب‌های منطقه ۸۱
- شکل ۴-۲۱- نقشه هیدروگرافی حوضه چاه‌موسی ۸۴
- شکل ۴-۲۲- نقشه هیدروگرافی حوضه واجارو ۸۴
- شکل ۴-۲۳- نقشه هیدروگرافی حوضه سرتخت ۸۵
- شکل ۴-۲۴- داغاب سیلاب در حوضه واجارو ۸۶

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- میانگین بارندگی و متوسط درجه حرارت ماهانه در ایستگاه ترود ۶
- جدول ۲-۱- طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن ۷
- جدول ۱-۴- گروه‌های ارتفاعی حوضه چاه‌موسی ۴۱
- جدول ۲-۴- گروه‌های ارتفاعی حوضه واجارو ۴۲
- جدول ۳-۴- گروه‌های ارتفاعی حوضه سرتخت ۴۳
- جدول ۴-۴- نتایج آزمون نکویی برازش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود ۵۱
- جدول ۵-۴- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه ترود ۵۲
- جدول ۶-۴- مقادیر نمودار جرم مضاعف ایستگاه ترود ۵۴
- جدول ۷-۴- داده‌های مربوط به آزمون همگنی بر اساس میانگین ۵۶
- جدول ۸-۴- داده‌های مربوط به آزمون همگنی بر اساس میانه ۵۶
- جدول ۹-۴- آمار بارندگی منطقه ۵۹
- جدول ۱۰-۴- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه چاه‌موسی ۶۳
- جدول ۱۱-۴- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه واجارو ۶۴
- جدول ۱۲-۴- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه سرتخت ۶۴
- جدول ۱۳-۴- ضریب رواناب در فرمول استدلالی ۶۵
- جدول ۱۴-۴- ضریب رواناب برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه ۶۶
- جدول ۱۵-۴- مقادیر ارتفاع و حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه چاه‌موسی ۶۷
- جدول ۱۶-۴- مقادیر ارتفاع و حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه واجارو ۶۸
- جدول ۱۷-۴- مقادیر ارتفاع و حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه سرتخت ۶۹
- جدول ۱۸-۴- نتایج آنالیز نمونه آب‌های قنات و سیلاب منطقه ۷۰
- جدول ۱۹-۴- نتایج آنالیز نمونه آب‌های قنات و سیلاب منطقه ۷۱

جدول ۴-۲۰- طبقه‌بندی آب‌ها بر اساس سختی کل	۷۴
جدول ۴-۲۱- تقسیم‌بندی آب‌ها از نظر SSP	۷۵
جدول ۴-۲۲- توصیف رده‌های نمودار ویلکاکس	۸۲
جدول ۴-۲۳- ویژگی‌های اصلی حوضه‌های منطقه مورد مطالعه	۸۳

فصل اول: مقدمه

۱-۱- بیان مسئله

کشور ایران با متوسط نزولات جوی حدود ۲۴۰ میلی‌متر در سال (در حدود یک سوم متوسط بارندگی جهانی و نصف قاره آسیا) در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد که البته این میزان در مناطق خشک و بیابانی به کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در سال نیز می‌رسد. اگرچه مسئله کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار جدی است ولی هر ساله در این مناطق سیلاب‌های زیادی با کیفیت بالا رخ می‌دهد که باعث ایجاد خسارات فراوان و هم‌چنین هدرروی آب با کیفیت بالا می‌شود. درحالی که یکی از روش‌های تأمین آب مورد نیاز در این مناطق، استفاده از سیلاب‌ها و رواناب‌های منطقه می‌باشد؛ به طوری که با ذخیره سیلاب‌های سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌توان حجم قابل ملاحظه‌ای از آب‌های با کیفیت مناسب جهت مصارف مختلف را تأمین کرد. سیلاب‌های دشت تروود علاوه بر ایجاد خسارت در این منطقه باعث هدر رفتن مقادیر زیاد آب با کیفیت مناسب می‌شوند. این در حالی است که منطقه تروود که در ناحیه‌ای کویری با اقلیم خشک قرار دارد، دچار مشکل کم‌آبی نیز می‌باشد. مدیریت سیلاب در این منطقه می‌تواند باعث تأمین حجم قابل توجهی از آب با کیفیت مناسب شود. متوسط بارندگی در منطقه تروود در حدود ۸۸ میلی‌متر در سال بوده و پوشش گیاهی آن بسیار کم و محدود می‌باشد. منطقه مورد مطالعه شامل حوضه‌های آبرگیر سه آبراهه مهم موجود در شمال غرب

ترود واقع در ۱۲۰ کیلومتری می‌باشد. حوضه‌های آبگیر مورد مطالعه در یک منطقه کوهستانی، در شمال غرب ترود، واقع شده است. لیتولوژی این ناحیه عمدتاً از نوع آندزیت می‌باشد که نفوذپذیری اندکی دارند. از آن جایی که بر روی این سنگ‌ها پوشش خاک هم نسبتاً اندک است، بخش اندکی از بارندگی از طریق درزه‌ها و شکستگی‌های موجود در این سنگ‌ها به داخل آبخوان سنگی نفوذ می‌کند و بخش اصلی به صورت رواناب جاری شده و از طریق آبراهه‌های اصلی از این حوضه‌ها خارج می‌شوند.

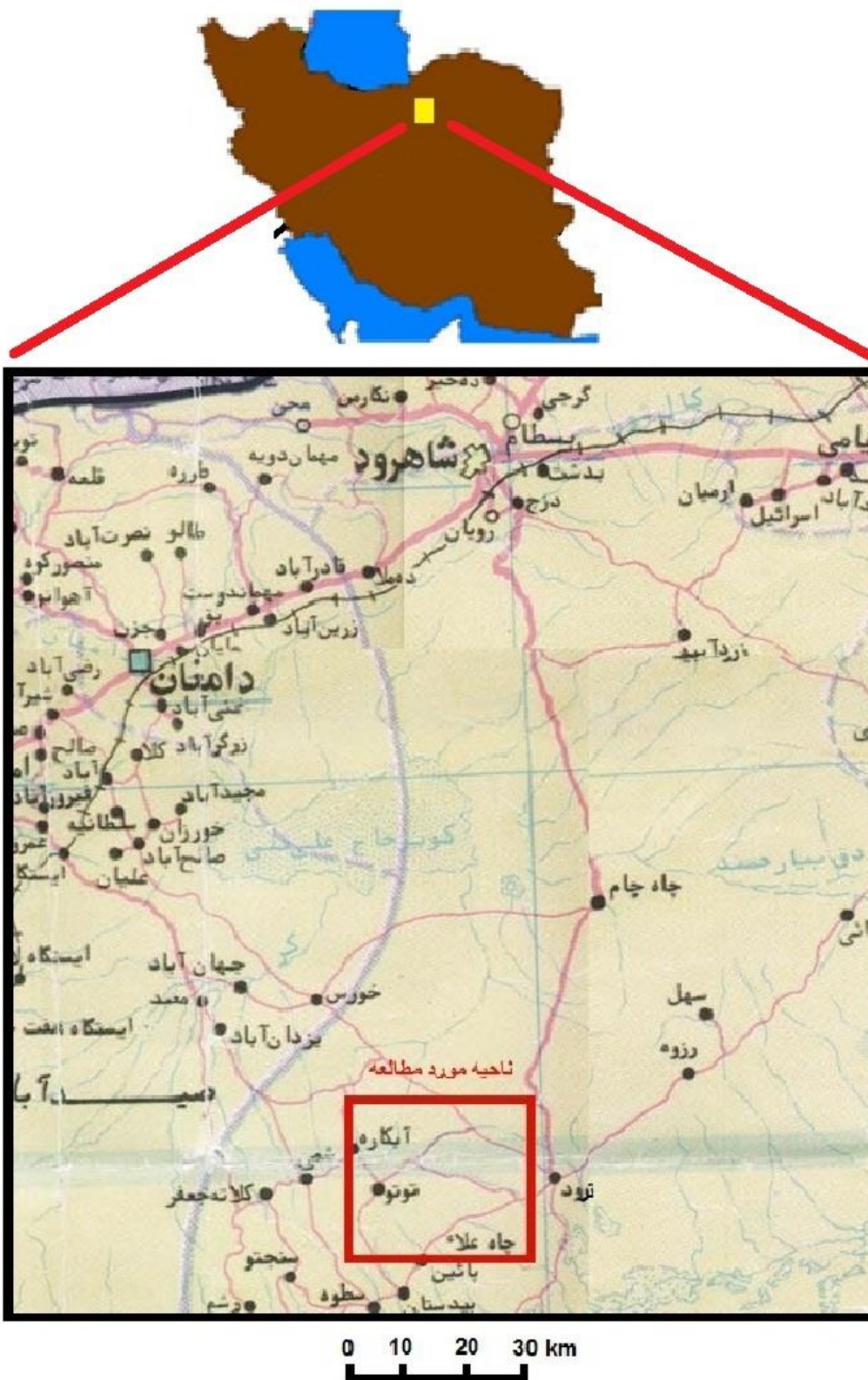
۱-۲- هدف از انجام تحقیق

هر ساله در منطقه ترود سیلاب‌های با کیفیت بالا رخ می‌دهد، این در حالی است که این منطقه دچار مشکل کم‌آبی نیز می‌باشد. علاوه بر آن، کیفیت آب زیرزمینی منطقه بسیار پایین بوده و TDS آن بسیار بالا می‌باشد. در حالی که سیلاب‌های این منطقه از کیفیت بسیار بالایی نسبت به آب زیرزمینی آن برخوردار بوده و می‌توان با مدیریت این سیلاب‌ها جهت پیشبرد منافع منطقه از قبیل توسعه کشاورزی و در پی آن کاهش مهاجرت روستاییان به شهر و همین‌طور حفظ حیات وحش منطقه استفاده کرد، ولی به دلیل نبود مطالعات در مورد این موضوع و نبود مدیریت صحیح هر ساله مقادیر بالای آب با کیفیت مناسب به هدر می‌رود و به نمکزارهای ناحیه سرازیر می‌شود. بنابراین، اهداف اصلی این تحقیق شامل موارد زیر می‌شود:

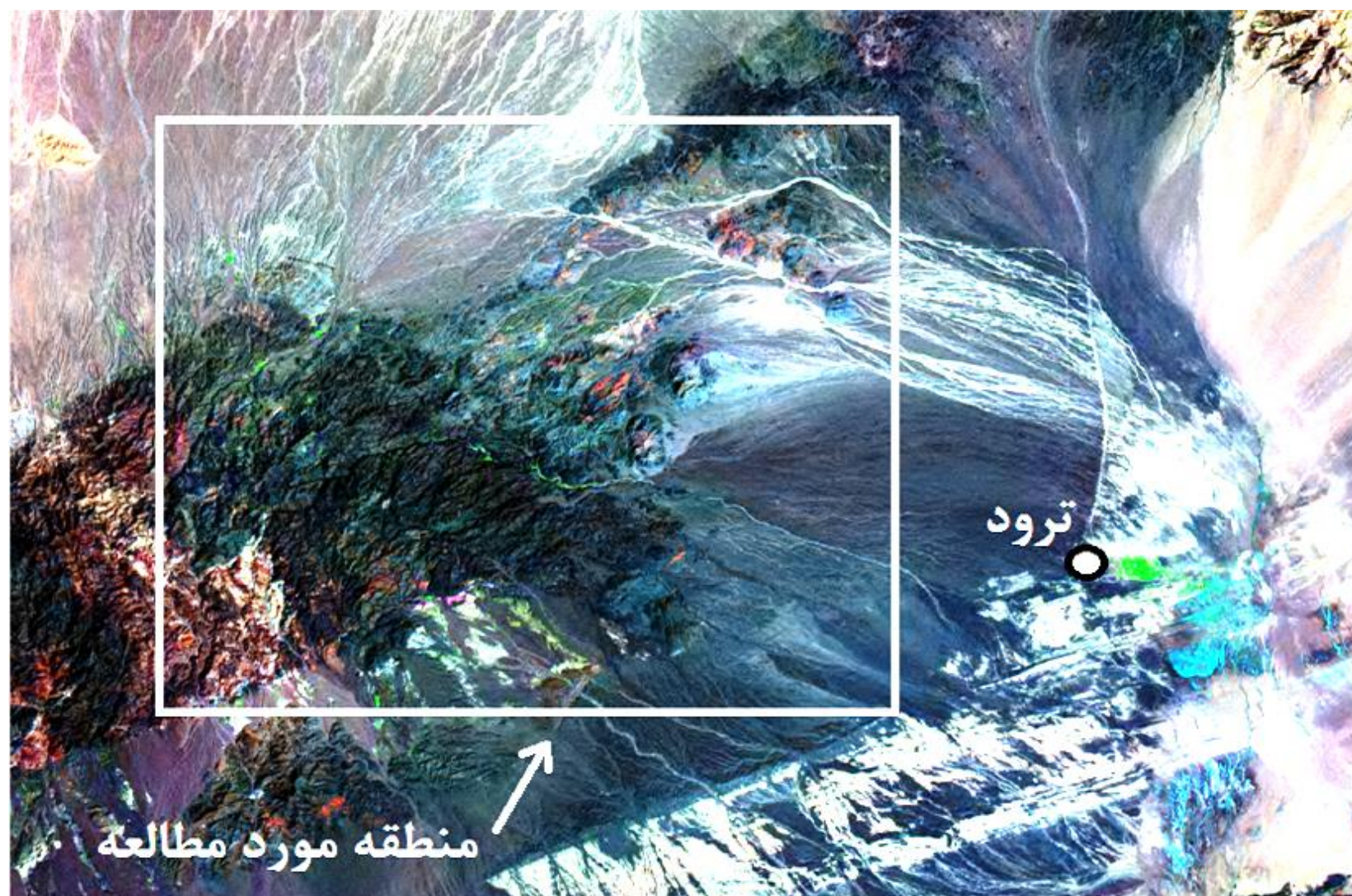
- بررسی هیدروژئولوژیکی سیلاب در مناطق خشک و نحوه تبدیل بارش به رواناب و عوامل موثر در آن
- مقایسه کیفی سیلاب‌ها با منابع آب زیرزمینی منطقه
- تعیین روش مناسب برای مدیریت و بهره‌برداری از سیلاب‌های منطقه

۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، ناحیه‌ای به مساحت حدود ۳۶۰ کیلومتر مربع بوده و شامل سه حوضه اصلی به نام‌های واجارو، چاه‌موسی و سرتخت می‌باشد. حوضه واجارو در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی؛ حوضه چاه‌موسی در محدوده ۵۴ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و حوضه سرتخت در محدوده ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. این منطقه در حدود ۱۵ کیلومتری شمال غرب روستای ترود و ۱۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان شاهرود قرار گرفته است. نزدیک‌ترین راه دسترسی جاده درجه دو ترود - معبد و جاده درجه دو ترود - مهدی‌آباد می‌باشد. آبراهه دو حوضه واجارو و چاه‌موسی روند شرقی غربی داشته و در نهایت در فاصله حدود ۶ کیلومتری روستای ترود وارد نمکزارهای جنوب این روستا می‌شود. آبراهه حوضه سرتخت نیز روند شمال غرب جنوب شرق داشته و در انتهای مسیر از حدود ۱۰ کیلومتری جنوب غرب روستای ترود وارد نمکزارهای جنوب این روستا شده و از دسترس خارج می‌شود. لازم به ذکر است که هر سه آبراهه کم و بیش از محدوده نسبتاً مرتفع اطراف توتو سرچشمه می‌گیرند. شکل (۱-۱) و (۲-۱) به ترتیب موقعیت جغرافیایی و عکس ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهند.



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راههای دسترسی به آن



شکل ۱- ۲- عکس ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه

۴-۱- هواشناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در یک ناحیه نیمه کوهی واقع شده است. از نظر پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه در وضعیت بسیار ضعیف می باشد. میانگین بارندگی این منطقه حدود ۸۸ میلی متر در سال و میانگین درجه حرارت ماهیانه آن در حدود ۲۰ درجه سانتی گراد می باشد. بر اساس جدول (۱-۱) متوسط بارندگی ماهانه در دوره آماری ۲۷ ساله (۱۳۶۱-۱۳۸۸)، بین ۰/۷ میلی متر در مرداد ماه تا ۱۵/۹ میلی متر در اردیبهشت ماه و متوسط ماهانه درجه حرارت هوا، در دوره آماری شش ساله (۱۳۷۸-۱۳۸۳) بین ۶/۷ درجه سانتی گراد در آذر ماه و ۳۳/۵ درجه سانتی گراد در مرداد ماه متغیر می باشد.

جدول ۱-۱- میانگین بارندگی (۱۳۶۱-۱۳۸۸) و متوسط درجه حرارت ماهانه (۱۳۷۸-۱۳۸۳) در ایستگاه تروند (هواشناسی استان سمنان، ۱۳۸۹)

زمان (ماه)	میانگین بارندگی (میلی متر)	متوسط درجه حرارت (سانتیگراد)
فروردین	۱۵/۵	۱۹/۰
اردیبهشت	۱۵/۹	۲۴/۹
خرداد	۲/۹	۳۰/۴
تیر	۰/۹	۳۳/۵
مرداد	۰/۷	۳۳/۵
شهریور	۱/۰	۳۱/۰
مهر	۱/۲	۲۴/۷
آبان	۴/۰	۱۶/۲
آذر	۹/۸	۸/۰
دی	۱۱/۵	۶/۷
بهمن	۱۲/۴	۶/۹
اسفند	۱۲/۰	۱۲/۸

دمارتن (De Martonne) جهت تعیین اقلیم فرمول زیر را پیشنهاد نموده است (علیزاده، ۱۳۸۱):

$$I = P / (T+10) \quad \text{معادله (۱-۱)}$$

که در آن P میانگین بارندگی سالانه (میلی متر) و T متوسط دمای سالانه (درجه سانتی گراد) می باشد.

در جدول (۲-۱) بر اساس فرمول دمارتن شش نوع آب و هوا طبقه بندی شده است.

جدول ۲-۱- طبقه بندی اقلیمی دمارتن

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچتر از ۱۰
نیمه خشک	۱۰ تا ۹/۱۹
مدیترانه ای	۲۰ تا ۹/۲۳
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۹/۲۷
مرطوب	۲۸ تا ۹/۳۴
بسیار مرطوب	بزرگتر از ۳۵

با توجه به میزان متوسط بارندگی سالیانه و همچنین میزان درجه حرارت متوسط سالیانه، ضریب

دمارتن منطقه تروود برابر با ۲/۷ برآورد شده است. بر این اساس اقلیم منطقه از نوع خشک می باشد.

شکل (۳-۱) نمایی از منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد که بیانگر اقلیم خشک آن می باشد.



شکل ۳-۱- نمایی از منطقه مورد مطالعه، حوضه سرتخت (نگاه به جنوب شرق)

۱-۵- زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد نظر جزء ناحیه ترود در زون ایران مرکزی می‌باشد. مجموعه آتش‌فشانی نفوذی ترود- چاه‌شیرین نواری باریک و طویل از سنگ‌های آتش‌فشانی پیروکلاستیک ائوسن و توده‌های گرانیتوئیدی الیگوسن است که با روند شمال شرق- جنوب شرق در حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران به صورت یک فرازمین بین دو گسل بزرگ و چپگرد ترود و انجیلو واقع شده است (هوشمندزاده و همکاران ۱۳۵۷). از پدیده‌های قابل توجه در این منطقه وجود فعالیت‌های ماگمایی است. فعالیت‌های ماگمایی در پالئوزوئیک و مزوزوئیک با شدت کمتر و در دوران سنوزوئیک به اوج خود رسیده است و حجم قابل ملاحظه‌ای از سنگ‌های آذرین را برجای گذاشته است. به طور کلی کمر بند آتش‌فشانی نفوذی ترود - چاه‌شیرین، واقع در کرانه شمالی کویر مرکزی ایران، حاصل ماگماتیسم ترشیری در زون ایران مرکزی می‌باشد. این مجموعه از سنگ‌های آتش‌فشانی با ترکیب غالب آندزیت و توده‌های گرانودیوریتی با ترکیب غالب دیوریتی تشکیل شده است. شکل (۱-۴) ارتفاعات آندزیتی حاصل از ماگماتیسم ترشیری در حوضه واجارو و شکل (۱-۵) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این قسمت چینه‌شناسی منطقه به طور مختصر ارائه می‌شود:

۱-۵-۱- چینه‌شناسی منطقه

واحدهای چینه‌شناسی مهم منطقه شامل واحدهای ائوسن، توده‌های نفوذی عمیق و نیمه‌عمیق الیگومیوسن و نهشته‌های کواترنری می‌باشند که به طور خلاصه توضیح داده می‌شوند.

الف- واحدهای سنگی ائوسن

در منطقه مورد مطالعه قدیمی‌ترین سنگ‌ها مربوط به دوره ائوسن می‌باشند. در نقشه زمین‌شناسی منطقه ترود، توالی آتش‌فشانی- رسوبی ائوسن با کنگلومرای به

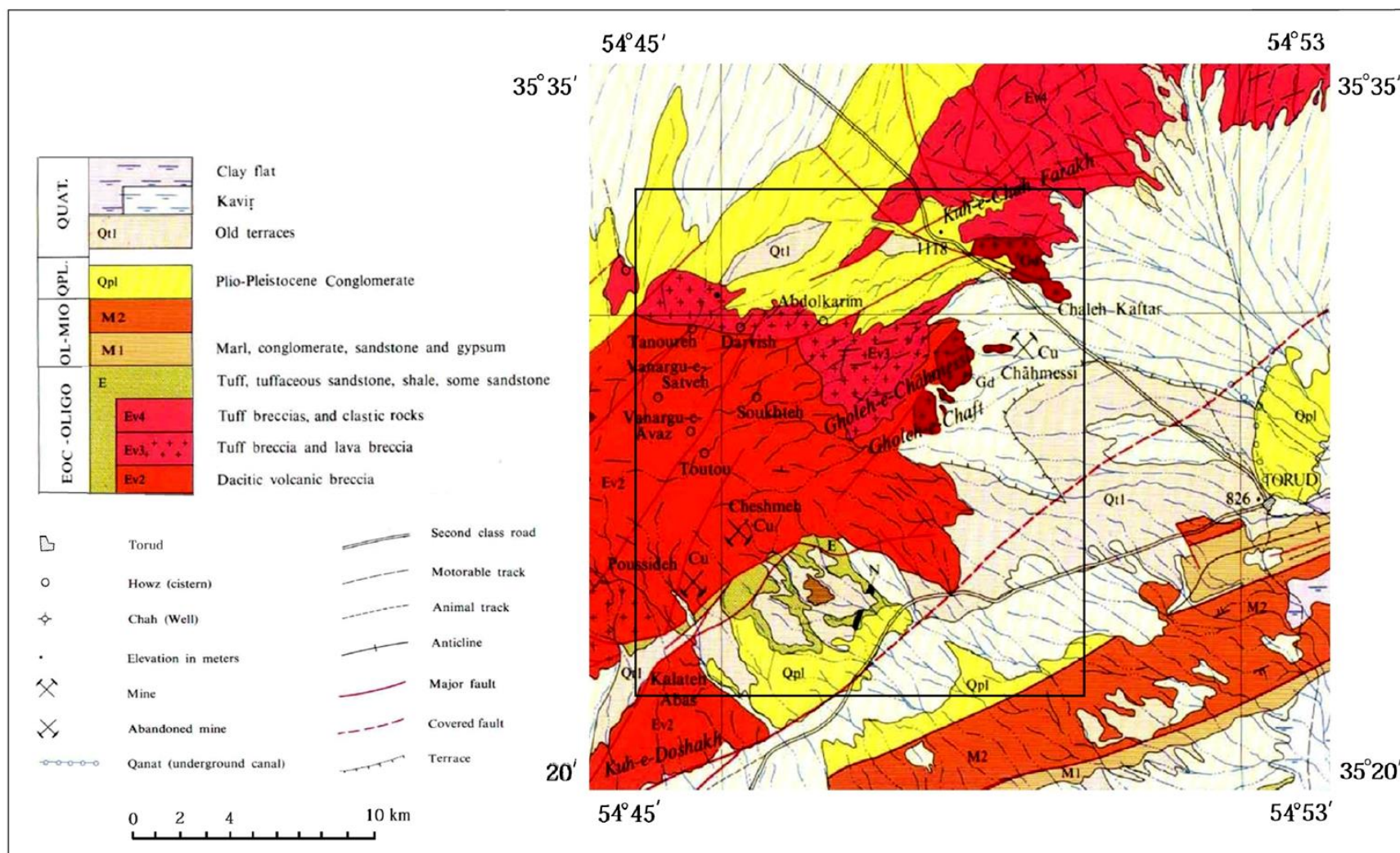
سن ائوسن شروع شده و سپس به یک مجموعه آتشفشانی- رسوبی تبدیل می‌گردد که تناوبی از گدازه‌های حدواسط تا بازیک و مقداری توف، شیل توفی، شیل و ماسه سنگ و به ندرت کنگلومرا می‌باشد.



شکل ۱-۴- نمایی از ارتفاعات آندزیتی منطقه در دهانه خروجی حوضه واجارو (نگاه به غرب)

ب- توده‌های نفوذی عمیق و نیمه عمیق الیگومیوسن

مجموعه آتشفشانی- رسوبی ائوسن توسط تعدادی استوک، آپوفیز و دایک با ترکیبی متغیر از گابرو تا گرانیت قطع می‌شود. سن این توده‌ها به صورت دقیق مشخص نمی‌باشد ولی باتوجه به دلیل تشابه وقایع زمین شناسی رخ داده در این منطقه و نیز به دلیل نفوذ آن‌ها در سنگ های ائوسن میانی و بالایی به نظر می‌رسد این توده‌ها به سن الیگومیوسن باشد.



شکل ۱-۵- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود، سازمان زمین‌شناسی کشور)

ج - نهشته‌های کواترنری

قسمت کوچکتری از منطقه تحت پوشش این رسوبات می‌باشد. منشأ این نهشته‌ها ارتفاعات منطقه می‌باشند. این نهشته‌ها در منطقه به صورت رسوبات آبراه‌ای، مخروط افکنه‌های جوان، و یا دشت‌های پست و فروافتاده مشاهده می‌شوند.

۱-۵-۲- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه

به طور کلی منطقه ترود از نظر ساختمانی یک منطقه فعال و پویا به شمار می‌رود. در این منطقه اصلی‌ترین ساختارهای تکتونیکی درزه‌ها و گسل‌های موجود بر روی سنگ‌های منطقه می‌باشند. به طور کلی دو سیستم شکستگی اصلی در منطقه موجود می‌باشد: ۱- شکستگی‌های با روند شمال شرق - جنوب غرب ۲- شکستگی‌های با روند شمال غرب - جنوب شرق، که این دو دسته گسل تقریباً حالت عمود بر هم دارند. در شمال ترود، دسته گسل‌هایی با روند شمال شرقی - جنوب غربی یافت می‌شود که با گسل درونه (نیمه غربی آن) موازی‌اند (درویش‌زاده ۱۳۸۲). در بین آن‌ها دو گسل انجیلو (در شمال) و گسل ترود (در جنوب) مهم‌تر بوده و کلیه تحولات زمین‌شناسی این ناحیه نتیجه حرکت و جابه‌جایی همین گسل‌هاست. در این گسل‌ها دو نوع جابه‌جایی قائم (با شیب ۸۰ درجه به سمت جنوب) و جابه‌جایی افقی چپگرد دیده می‌شود. همین حرکات چپگرد، باعث چین‌خوردگی شدید رسوبات پیش از کرتاسه در حد بین دو گسل مزبور گشته، و به یک دگرگونی ناحیه‌ای انجامیده است. به علاوه، ماگماتیسم شدید ترشیر هم در نتیجه جابه‌جایی این گسل‌ها ایجاد شده است (هوشمندزاده و همکاران ۱۳۵۷). گسل ترود که از گسله‌های قدیمی ایران می‌باشد، سازوکار راستالغز چپگرد داشته و در نقطه سبزوار باعث جدایی افیولیت ملانژهای سبزوار از زون کویر شده است. این گسل که در زمان شکل‌گیری پوسته اقیانوسی سبزوار به صورت یک گسله

نرمال فعال بوده و موجب دگرریختی شدید در منطقه شده، در واقع حاشیه قاره‌ای حوضه اقیانوسی سبزوار را تشکیل می‌دهد.

۱-۶- ژئومرفولوژی منطقه

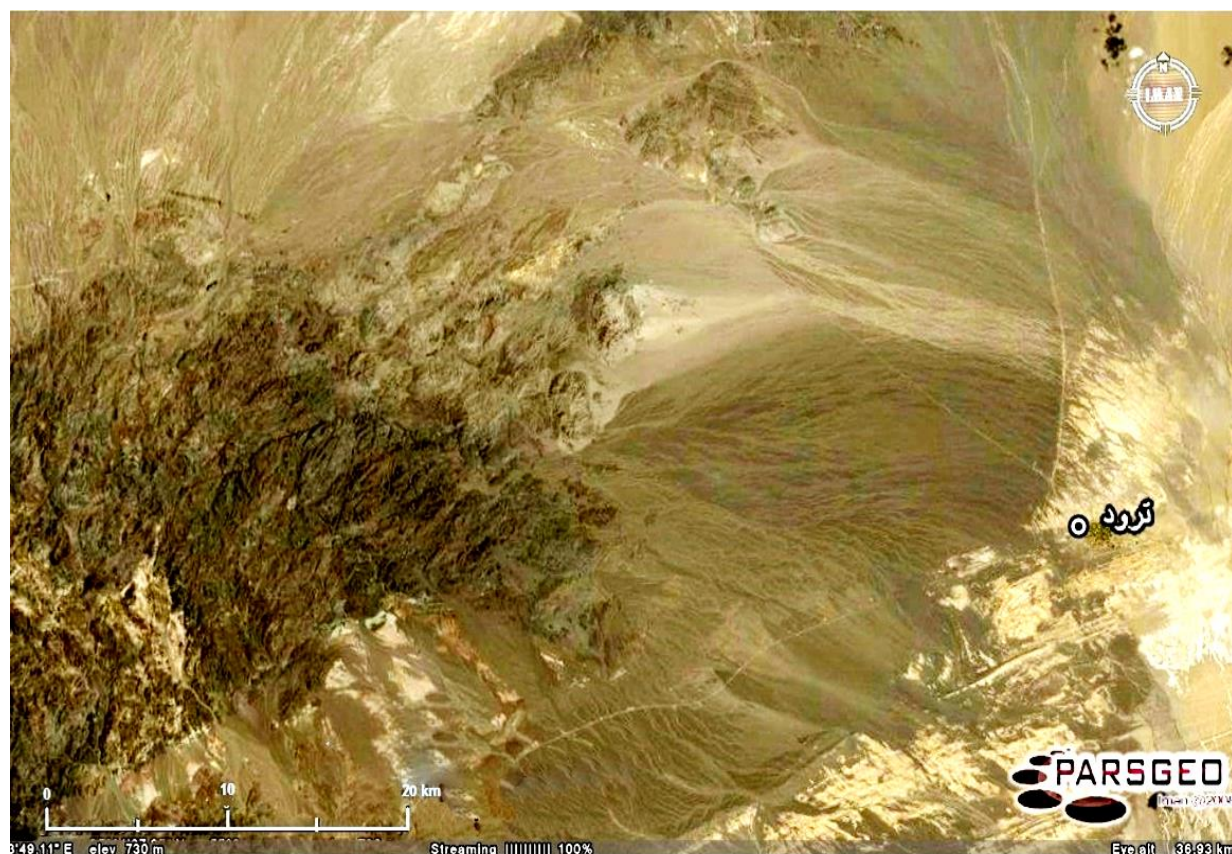
منطقه ترود در حاشیه کویر لوت واقع شده است و نمایانگرترین ویژگی ریخت‌شناسی آن اختلاف ارتفاع فاحش ناحیه مورد مطالعه با قسمت‌های جنوبی آن که در کویر لوت قرار گرفته است، می‌باشد. در این ناحیه در قسمت غربی، مناطق مرتفع و ارتفاعاتی از قبیل کوه پوسیده با ارتفاع ۱۹۷۰ متر مشاهده می‌شود و در قسمت‌های شرقی منطقه نهشته‌های کواترنری و دشت کم ارتفاع به چشم می‌خورد. رودخانه‌ها و آبراهه‌های منطقه نیز به ویژه در قسمت شرقی ناحیه روند شرقی غربی داشته و به تدریج در قسمت‌های غربی روند آن‌ها به صورت شمال شرق جنوب غرب تغییر می‌کند. در شکل (۱-۶) نمای ژئومرفولوژی منطقه مورد مطالعه را در عکس ماهواره‌ای و شکل (۱-۷) نمای ژئومرفولوژی منطقه در نقشه توپوگرافی نشان می‌دهند. به طور کلی در منطقه مورد مطالعه سه واحد ژئومرفولژیک مشاهده می‌شود، که به ترتیب اهمیت نام برده می‌شوند.

۱- کوهستان: حدود ۷۰٪ مساحت منطقه در این واحد واقع شده است، به طوری که بیشترین میزان مربوط به حوضه واجارو و کمترین میزان مربوط به حوضه چاه‌موسی می‌باشد. به همین ترتیب بیشترین میزان شیب دامنه مربوط به حوضه واجارو و کمترین میزان شیب دامنه مربوط به حوضه چاه‌موسی می‌باشد.

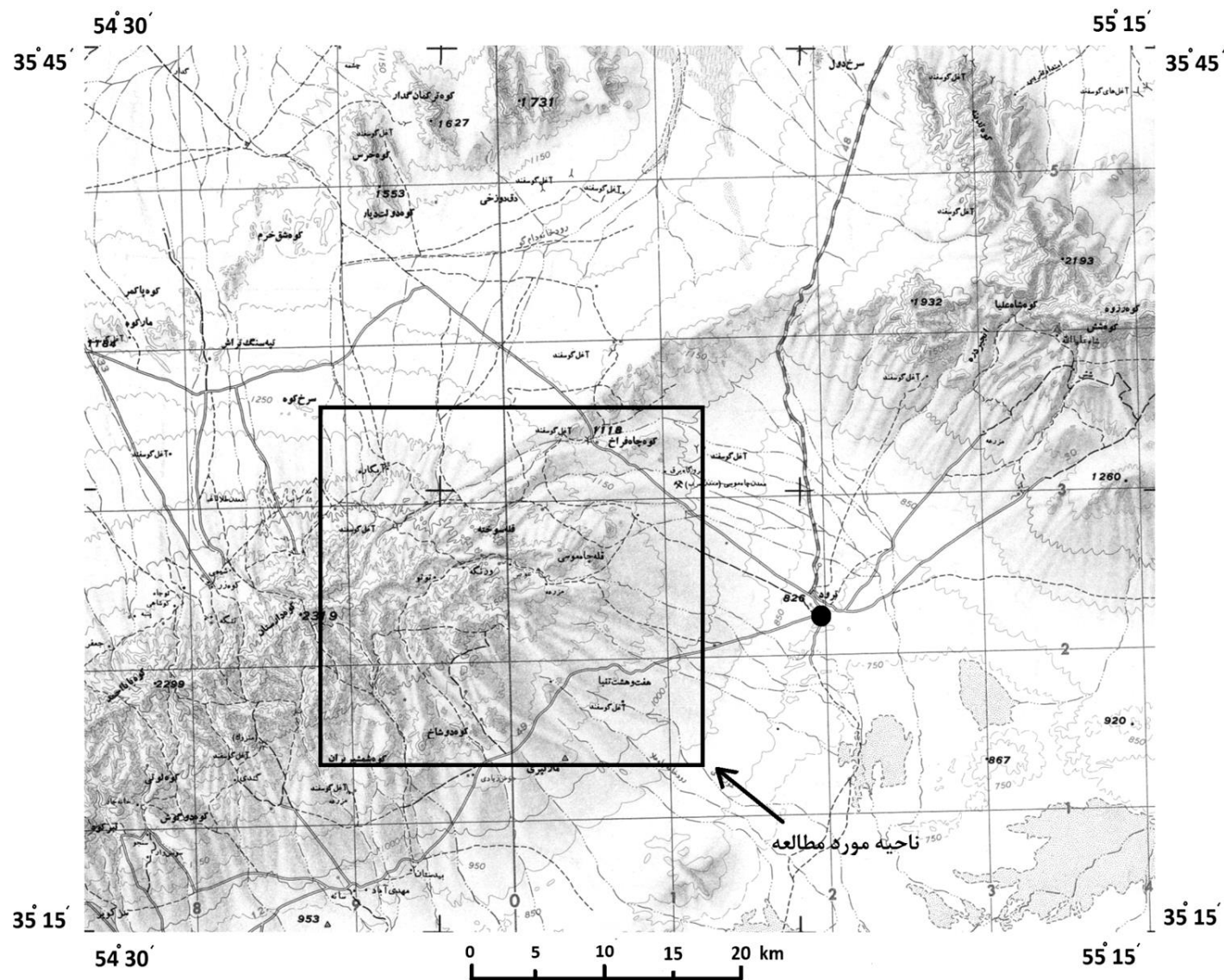
۲- رودخانه: حدود ۲۰٪ از مساحت کل منطقه در این واحد قرار گرفته است. سه رودخانه مهم منطقه رودخانه‌های واجارو، سرتخت و چاه‌موسی می‌باشند. رودخانه‌ها عمدتاً در داخل حوضه به صورت V

شکل و در خارج از حوضه به صورت U شکل می‌باشند که این امر را در حوضه واجارو به وضوح شاهد هستیم.

۳- تپه ماهور: حدود ۱۰٪ از مساحت منطقه در این واحد قرار گرفته است. تپه ماهورها بیشتر در قسمت‌های شمالی و شمال غرب حوضه چاه موسی واقع شده‌اند.



شکل ۱-۶- نمای ژئومرفولوژی منطقه در عکس ماهواره‌ای



شکل ۱-۷- نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود، سازمان نقشه‌برداری کشور)

۷-۱- هیدرولوژی منطقه

در این منطقه آبراهه‌های متعددی وجود دارد که اغلب حوضه‌های آبگیر کوچکی را شامل می‌شوند. مهم‌ترین این حوضه‌ها شامل حوضه واجارو، حوضه چاه‌موسی و حوضه سرتخت می‌باشند. آبراهه اصلی حوضه واجارو به طول حدود ۲۰ کیلومتر، از غرب به شرق امتداد داشته و از ۴ کیلومتری غرب ترود عبور کرده و به نمکزارهای منطقه سرازیر می‌شود. وسعت این حوضه برابر با ۴۲ کیلومتر مربع می‌باشد. آبراهه حوضه چاه‌موسی نیز روند شرقی غربی داشته و پس از طی مسافتی حدود ۱۸ کیلومتر از محل قله‌های چاه موسی خارج شده و در نهایت وارد نمکزارهای جنوب ترود می‌شود. وسعت این حوضه حدود ۷۳ کیلومتر مربع می‌باشد. در حوضه سرتخت نیز آبراهه اصلی از جنوب شرق به شمال غرب امتداد داشته که از ۱۰ کیلومتری جنوب غرب ترود عبور کرده و به نمکزارهای منطقه سرازیر می‌شود. وسعت این حوضه حدود ۲۰ کیلومتر مربع می‌باشد. سالانه مقادیر زیادی آب با کیفیت مناسب از این حوضه‌ها به ویژه حوضه‌های واجارو و چاه موسی به مناطق کویری سرازیر می‌شود که این امر ضمن وارد آوردن خساراتی به منطقه، خود باعث از دست رفتن مقادیر زیاد آب با کیفیت مناسب می‌شود.

۸-۱- هیدروژئولوژی منطقه

جنس کف حوضه‌ها در این منطقه به طور عمده از نوع سنگ‌های آندزیتی می‌باشد. این نوع سنگ‌ها از نفوذپذیری ناچیزی برخوردار هستند و این امر در کنار عوامل دیگر از جمله شیب زیاد دامنه‌ها و الگوی بارش منطقه به سیلخیزی این حوضه‌ها دامن زده است. به طور کلی آبخوان‌های این منطقه به دو دسته آبخوان‌های مربوط به سازندهای سخت و آبخوان‌های آبرفتی مجاور ارتفاعات تقسیم می‌شوند. آبخوان‌های مربوط به سازندهای سخت عمدتاً در درزه‌ها و شکستگی‌های سنگ‌های ولکانیکی واقع شده‌اند که ذخیره‌سازی نسبتاً کمی را شامل می‌شوند و از طریق چشمه‌های کوچک (مانند چشمه کال نرگس) و یا

تغذیه به آبرفت‌های مجاور تخلیه می‌شوند. شکل (۸-۱) چشمه کال نرگس واقع در حوضه واجارو را نشان می‌دهد. آبخوان‌های اصلی منطقه از نوع آبرفتی مجاور ارتفاعات می‌باشند که خروجی آن‌ها از طریق قنات‌ها و یا تخلیه به کویر جنوب و جنوب شرق ترود انجام می‌شود.



شکل ۱-۸- چشمه کال نرگس واقع در حوضه واجارو

فصل دوم: مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱- مقدمه

متوسط بارندگی در کشور ما حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. تقریباً حدود ۹۰٪ از کل مناطق کشور اقلیم خشک و نیمه‌خشک دارند. به طور کلی حدود دوسوم مساحت کشور میزان نزولات جوی کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال دریافت می‌کنند که این میزان در مناطق خشک و بیابانی به کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در سال نیز می‌رسد. در اغلب مناطق کشور ماه‌های خرداد تا مهر فصل خشک و ماه‌های آبان تا اردیبهشت فصل بارندگی محسوب می‌شود. به طور کلی در کشور ما میانگین بارندگی در مقایسه با میانگین جهانی به مراتب کمتر می‌باشد. این در حالی است که همین میزان بارندگی نیز به طور یکنواخت در کشور پخش نشده و حدود ۹۰٪ آن در مناطق شمال و غرب کشور در طول فصل تر و حدود ۱۰٪ آن در سایر نقاط کشور و در طول دوره خشکی رخ می‌دهند. از طرفی در نقاط خشک کشور، کل بارندگی سالانه در طی چند روز به صورت باران‌های سیل‌آسا رخ داده و ضمن هدرروی آب با کیفیت مناسب، باعث به وجود آمدن خطر سیلاب در این مناطق می‌شود. و بدین ترتیب سرمایه آبی کل سال یک منطقه در طی چند روز به هدر می‌رود (Modarres 2007). با وجود این منابع آبی با ارزش، هر ساله حفر تعداد زیادی چاه عمیق و برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی، برای تأمین آب مورد نیاز در زمینه‌های صنعت و کشاورزی کشور، باعث افت سطح ایستابی و کاهش کیفیت و

همین‌طور شوری سفره‌های آب زیرزمینی شده است. به طوری که افت سطح آب در اکثر دشت‌های مرکزی باعث خشک شدن بسیاری از قنات‌ها شده و هم‌اکنون بسیاری از دشت‌های کشور با افت مستمر سطح آب زیرزمینی و خشک شدن چاه‌های بهره‌برداری مواجه هستند و علی‌رغم محدودیت‌های برداشت در بعضی از نقاط همچنان بیلان منفی آب در آبخوان‌ها ادامه دارد. این درحالی است که با ذخیره سیلاب‌های سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب می‌توان هزاران متر مکعب آب با کیفیت مناسب جهت هر نوع مصرف مانند آب شرب و فضای سبز را تأمین کرد (شکوهی ۱۳۸۷).

۲-۲- هیدرولوژی و سیل‌خیزی مناطق خشک

تعریف و مشخصات مناطق خشک در روش‌های مختلف طبقه‌بندی اقلیمی تا حدودی متفاوت است. اما بنا به یک تعریف کلی، در این مناطق، تبخیر و تعرق بیشتر از نزولات جوی است. به بیان دیگر از دیدگاه هیدرولوژیکی در این محیط‌ها بیلان آب منفی است چرا که به واسطه درجه حرارت بالا و خشکی هوا تبخیر و تعرق از سطح خاک و گیاه از بارندگی فزونی می‌گیرد. به دلیل کمی بارندگی، پوشش گیاهی در این مناطق فقیر و پراکنده است و حیات وحش و گیاهان بستگی نزدیکی به وجود منابع کوچک و بزرگ آب دارد (Lazaro 2001, Ni and Zhang 2000)، به طوریکه تغییرات فصلی در الگوی بارندگی این مناطق می‌تواند باعث تغییر در چرخه هیدرولوژی و جریان محیط زیستی آن‌ها شود (Delitala 2000). بارندگی‌ها در این مناطق بسیار نامنظم و بعضاً با شدت زیاد می‌بارد که عمدتاً به دلیل نبود پوشش گیاهی کافی و اقدامات مدیریتی آبخیز، باعث وقوع سیلاب‌های مخربی می‌گردد. در این مناطق تغییرات زمانی و مکانی زیادی در الگوی بارندگی مشاهده می‌شود و تقریباً تمامی سرمایه آبی سالانه منطقه طی یک دوره خاص رخ داده و در سایر ماه‌ها منطقه تقریباً بدون بارندگی قابل توجه می‌باشد. این ویژگی‌ها

علاوه بر کشور ما (Modarres 2006)، در برخی مناطق چین (Gemmer 2004) و شمال برزیل (Silva 2004) مشاهده می‌شود.

مهم‌ترین خصوصیات مناطق خشک را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- ۱- بارندگی پراکنده و غیر قابل پیش‌بینی بوده و تغییرات سالانه نسبت به مقدار متوسط شدید است.
 - ۲- مقدار متوسط تبخیر و تعرق به مراتب بیشتر از متوسط سالانه بارندگی است.
 - ۳- آب مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد کشاورزی و تولید است (Dinpashoh 2004).
 - ۴- تغییرات زمانی و مکانی وسیعی در مورد درجه حرارت و خشکی وجود دارد.
- میزان بارندگی در نواحی خشک به کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در سال محدود می‌گردد و اکثراً نیز بیش از ۱۰۰ میلی‌متر نیست که در مقایسه با مقادیر تبخیر و تعرق، که گاه به چندین متر می‌رسد، بسیار اندک است که این مطلب لزوم بهره‌گیری هر چه بیشتر از نزولات جوی منابع آب‌های سطحی را آشکار می‌سازد. در ایران نیز بخش عمده‌ای از ناحیه مرکزی و جنوبی کشور تحت پوشش کویر و بیابان است که کویرهای لوت و نمک از آن جمله‌اند. سیل حتی در مناطق خشک ایران نیز ممکن است رخ دهد، که می‌توان از سیل‌های منطقه سیستان نام برد که بیشتر به علت بارش‌های رگباری و سیل‌آسا، زمین غیر قابل نفوذ و بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی، سرریز شدن هامون‌ها و هیرمند، هموار بودن و شیب کم زمین نام برد (شکوهی ۱۳۸۷).

۲-۳- برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار

با توجه به این موضوع که بسیاری از حوضه‌های آبرگیر در کشور ما فاقد آمار ثبت شده و منسجم بارندگی می‌باشند؛ لذا تولید آمار در حوضه‌های فاقد آمار یکی از مهمترین مباحث در هیدرولوژی، به‌ویژه در کشور ما می‌باشد.

۲-۳-۱- پارامترهای موثر در برآورد رواناب

شادمانی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیق خود جهت برآورد رواناب در منطقه خسروآباد استان همدان از روش وزن‌دهی در نرم‌افزارهای GIS و RS استفاده کرده و پارامترهای مورد بررسی حوضه را با کمک این نرم‌افزار مورد بررسی قرار دادند. شادمانی و همکاران در این تحقیق از پارامترهای پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شیب، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و موقعیت زیرحوضه‌های منطقه استفاده نموده و در نهایت نتایج حاصله را با روش SCS مقایسه نموده‌اند. آن‌ها در این تحقیق عوامل نفوذپذیری کم، شیب زیاد حوضه و پوشش گیاهی نامناسب و ضعیف حوضه را دلایل اصلی پتانسیل بالای رواناب این حوضه معرفی کرده‌اند.

در پژوهشی دیگر که جهت برآورد میزان رواناب در حوضه امامه در شمال تهران، توسط صادقی و همکاران، (۱۳۸۷) انجام شده است، پارامترهای خصوصیات فیزیکی، پوشش سطحی و گیاهی و کاربری اراضی عوامل موثر و اصلی در ایجاد رواناب شمرده شده‌اند. قهرمان و حاتمی، (۱۳۸۵) اعلام داشته‌اند بیشتر مدل‌های ساده برآورد رواناب تابع عوامل خصوصیات فیزیکی حوضه و پارامترهایی مانند بارندگی و دما هستند.

در پژوهشی دیگر، سفتون و هوارس (Sefton and Howarth 1999) برای تهیه یک مدل بارندگی - رواناب در انگلستان و ولز (Wels)، از پارامترهای فیزیکی توپوگرافی، نوع خاک، اقلیم و پوشش گیاهی ۶۰ حوضه آبگیر و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده نموده‌اند.

دالن و همکاران (Dalen et al. 2008) برای محاسبه رواناب در دو حوضه نیمه‌خشک در جنوب شرق اسپانیا از پارامترهای زمین‌شناسی، کاربری اراضی، توپوگرافی و نوع خاک استفاده کردند. آن‌ها در نهایت متوجه شدند پارامتر کاربری اراضی در کنترل رواناب دارای بیشترین اهمیت و پارامترهای زمین‌شناسی و نوع خاک دارای اهمیت کمتری می‌باشند. داوودی‌راد و مهدوی (۱۳۷۸) عوامل مهم و موثر بر سیلاب را از بین ۱۹ عامل ریخت‌شناسی، اقلیمی و زمین‌شناسی موثر بر سیلاب، در ۲۳ زیرحوضه از حوضه خشک و

نیمه خشک دریاچه نمک در کویر لوت به ترتیب اهمیت معرفی کرده‌اند: ۱- مساحت حوزه ۲- ارتفاع متوسط حوزه ۳- تعداد روزهای بارانی ۴- فاکتور شکل ۵- بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته و ۶- تراکم آبراهه. در تحقیقی دیگر جین و همکاران (Jain et al. 2004) رابطه بین بارندگی و رواناب را به عوامل خصوصیات توپوگرافی حوزه، جنس خاک و پوشش گیاهی وابسته می‌دانند.

مارتینز و همکاران (Martinez et al. 1998) در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای اسپانیا، نحوه تولید و عوامل موثر بر رواناب را درحوضه‌های کوچک، بررسی کرده‌اند. این بررسی نشان داد که یکی از عوامل مهم موثر بر مقدار رواناب حوزه آبگیر، مقدار نفوذپذیری حوزه می‌باشد. آن‌ها در این تحقیق به این نتیجه رسیدند که خاک‌های با نفوذپذیری پایین‌تر از ضریب رواناب بالاتر و خاک‌های با نفوذپذیری بالاتر از ضریب رواناب پایین‌تری برخوردار هستند. در پژوهشی دیگر، کیشی (Kishii 1982) در زمینه تأثیر شهرنشینی بر میزان رواناب درون حوضه‌ها در دو حوزه طبیعی و شهری در ژاپن، بیان نموده است که یکی از عواملی که سبب افزایش رواناب حوضه‌های شهری می‌شود عامل کاهش نفوذپذیری این حوضه‌ها می‌باشد. در حقیقت عامل زمین‌شناسی سطحی حوزه یک عامل مهم و موثر بر جریان رواناب است و می‌تواند باعث تغییرات در رواناب سطحی شود. کیشی هم‌چنین بیان نموده است که عامل نفوذپذیری پایین باعث کاهش نسبت تلفات بارندگی به کل بارندگی شده در نتیجه باعث افزایش رواناب در منطقه می‌شود.

یونگ (Yeung 2004) در طی بررسی خود در حوزه ولکانیکی دره فنا (Fena Valley) واقع در جزیره گوام (Guam)، بزرگترین جزیره از گروه جزایر ماریانا در اقیانوس آرام، به این نکته اشاره کرده است که زمین‌شناسی زیرسطحی حوزه نقش مهمی در ویژگی‌های رواناب حوزه دارد. وی هم‌چنین این مطلب را نیز بیان کرده است که در حوضه‌های ولکانیکی در طی فصول تر، نفوذپذیری پایین سنگ‌های آذرین باعث می‌شود بخش مهمی از بارندگی به طور مستقیم وارد آبراهه‌ها شده و رواناب حوزه به طور ناگهانی افزایش یابد.

شیبانی و همکاران (۱۳۸۵) نیز برای برآورد رواناب در دوره برگشت‌های مختلف در حوضه‌های فاقد آمار رودخانه بشار، عوامل فیزیکی و هیدرواقليمی این حوضه‌ها را از مهم‌ترین عوامل شمرده و از خصوصیات مساحت حوضه و میانگین بارندگی سالانه برای این موضوع استفاده کرده‌اند. دادرسی سبزوارى و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیق خود در حوضه نیمه‌خشک داورزن در شهرستان سبزوار عوامل موثر در سیل‌خیزی حوضه را عوامل شیب، لیتولوژی، مرفولوژی، نوع خاک، شماره منحنی و وضعیت پوشش گیاهی معرفی کرده و بر این اساس مناطق پرخطر و کم‌خطر منطقه را مشخص کرده‌اند.

۲-۳-۲- روش‌های رایج برای برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار

برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار به روش‌های مختلف تجربی امکان‌پذیر می‌باشد که در ذیل به طور مختصر توضیح داده شده‌اند.

الف- برآورد رواناب به روش SCS

رواناب حاصله از بارندگی را می‌توان بر حسب ارتفاع یا حجم توصیف کرده و آن را به روش‌های مختلف برآورد نمود. از جمله روش‌های معمول در هیدرولوژی روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک امریکا (Soil Conservation Services) یا روش SCS است که برای حوضه‌هایی که در آنها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد به کار می‌رود. در این روش که براساس مشاهدات متعدد در حوضه‌های معرف و در اقلیم‌های مختلف امریکا بنا شده است، ارتفاع رواناب حاصله از یک بارندگی به صورت زیر محاسبه می‌شود (Chow 1988) :

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad \text{معادله (۱-۲)}$$

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

در معادلات فوق:

Q: ارتفاع رواناب برحسب اینچ

P: ارتفاع بارندگی بر حسب اینچ

S: ضریب نگهداشت سطحی

CN: شماره منحنی

مقدار CN به عوامل مشخصات خاک، نوع بهره‌وری از زمین و شرایط رطوبت قبلی خاک وابسته است (مهدوی ۱۳۷۸).

رابرت بتسون و جرال د بلز (Bales and Betson 1981) با بررسی ۳۶ حوضه آبرگیر به این نتیجه رسیدند که ارتفاع رواناب در روش SCS نسبت به تغییرات شماره منحنی بسیار حساس می‌باشد. آن‌ها همچنین با بررسی ۱۵ ویژگی فیزیکی حوضه‌های مورد مطالعه اعلام داشته‌اند که عوامل کاربری اراضی و خصوصیات فیزیکی خاک بیشترین تأثیر را در تعیین شماره منحنی دارند.

رضوی و همکاران، (۱۳۸۲) در تحقیق خود برای برآورد رواناب از مقادیر CN استفاده کردند. آن‌ها برای برآورد رواناب در حوزه امامه در شمال تهران، از دو روش «استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای RS و GIS» و روش SCS، مقدار CN منطقه را برآورد کردند و به این نتیجه رسیدند که مقدار CN تخمین زده شده در روش RS و GIS با مقدار CN به دست آمده در روش SCS در حوضه‌های دارای آمار بارندگی، در هماهنگی خوبی می‌باشند. بنابراین از روش برآورد CN با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای و GIS و RS می‌توان در برآورد رواناب در مناطق فاقد آمار بارندگی استفاده نمود. آن‌ها برای برآورد مقدار CN در حوضه‌های فاقد آمار از پارامترهای خصوصیات فیزیکی، پوشش سطحی و گیاهی و کاربری اراضی استفاده نمودند. در پژوهشی دیگر، در حوضه رودخانه لاگون (Lagoon) در هند، کیم و همکاران

(Kim et al. 2002) از روش SCS و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده نموده و تأثیر تغییر کاربری

اراضی بر میزان رواناب را مورد بررسی قرار دادند.

نوروزی و غواصیه (۱۳۸۷) در برآورد حجم سیلاب سالیانه در منطقه بدون آمار در حوضه شمیل در استان هرمزگان از دو روش فرید (Fried) و SCS استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که هیدروگراف‌های محاسباتی از روش SCS و فرید در محاسبه مقدار دبی اوج و زمان رسیدن به دبی اوج هماهنگی خوبی دارند، ولی این تحقیق نشان داد که حجم مورد انتظار سالیانه در تداوم‌های گوناگون حاصل از هیدروگراف‌های بازسازی شده توسط روش فرید بسیار بزرگتر از مقادیر متناظر در روش SCS می‌باشد. آن‌ها هم‌چنین بیان داشته‌اند که تطابق مناسبی بین نتایج روش SCS و داده‌های مشاهداتی برقرار می‌باشد.

ب- برآورد رواناب به روش منطقی (استدلالی)

روش منطقی (Rational method) برای حوضه‌های کوچک قابل استفاده است. در این روش فرض می‌شود بارندگی روی حوضه یکنواخت بوده و مدت بارش مساوی زمان تمرکز حوضه باشد (علیزاده ۱۳۸۱). آنچه در روش استدلالی حائز اهمیت است انتخاب ضریب رواناب است که مقدار آن به صورت مستقیم دبی سیلاب را تحت تأثیر قرار می‌دهد. هر چند جداول حاوی ضرایب رواناب ارائه شده در کتاب‌های هیدرولوژی می‌تواند به عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرد، ولی قضاوت شخصی طراح در این زمینه بسیار موثر است (مهدوی ۱۳۷۸).

در پژوهشی دیگر پیل‌گریم و مک‌درمات (Pilgrim and McDermott 1982) برای برآورد رواناب در حوضه‌های کوچک شرق منطقه نیو سالت ولز (New South Wales) در جنوب شرق استرالیا، از روش استدلالی استفاده نموده‌اند. آن‌ها در این پژوهش از ضرایب رواناب موجود در کتاب‌های هیدرولوژی

استفاده ننموده و از ضرایب هیدرولوژی محتمل که در واقع نسبت بین دبی اوج سیل و حداکثر شدت بارندگی در دوره زمانی برابر با زمان تمرکز حوضه و دوره برگشت مورد نظر می‌باشد، استفاده نموده‌اند.

ج- برآورد رواناب به روش مدت- مساحت

روش دیگری که برای تخمین حداکثر شدت رواناب بکار برده می‌شود روش مدت- مساحت (Time- Area method) است. روش مدت- مساحت در واقع حالت پیشرفته‌تر روش استدلالی است. مزیت این روش این است که در آن فرض یکنواخت بودن بارندگی در طول مدت بارش، وجود ندارد (Chow 1988).

۲-۴- کیفیت سیلاب در مناطق خشک

آب‌ها در عبور از لایه‌های مختلف زمین و یا در مسیر حرکت خود در رودخانه‌ها، مواد مختلفی که ناشی از تلاشی سنگ‌ها، وجود املاح گچ، نمک و آهک در تشکیلات تبخیری و رسوبی می‌باشند را انتقال می‌دهند. کیفیت آب‌ها با توجه به طول مسیر طی شده و فراوانی مواد انحلالی در مسیر، می‌تواند تفاوت زیادی را در نقاط مختلف پیدا کند (مهدوی ۱۳۷۸). سیلاب در حوضه‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک همواره از کیفیت خوبی نسبت به آب زیرزمینی آن برخوردار می‌باشد. در این مناطق به دلیل مدت زمان بیشتر تماس آب زیرزمینی با سازندهای منطقه و نیز برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی به عنوان تنها منبع آبی، و همچنین با در نظر داشتن کاهش سالانه نزولات جوی و به دنبال آن کاهش تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، میزان شوری آب‌های زیرزمینی نسبت به سیلاب منطقه که به مراتب مدت زمان کمتری در تماس با سنگ‌های منطقه بوده بسیار بالاتر می‌باشد. کیفیت آب‌ها نیز عامل مهمی به ویژه در مناطق خشک ایران است. به طور مثال کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه ی جازموریان - از دامنه‌ها به طرف

چاله جازموریان - شور است؛ زیرا آن‌ها از سازندهای تخریبی دوران سوم، رسوبات آبرفتی و رسوبات تبخیری دریاچه‌ای عبور می‌کنند. از طرف دیگر تبخیر و میزان برداشت نیز از عوامل مهم شوری آن است (شکوهی ۱۳۸۷). منطقه احمدآباد خارتوران، واقع در شهرستان شاهرود، که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، نیز دارای سیلاب‌های با کیفیت بسیار مناسب در مقایسه با آب زیرزمینی منطقه می‌باشد. در این منطقه میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در برخی نقاط برابر با ۱۰۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده، در حالی که هدایت الکتریکی سیلاب سه حوضه آن به طور متوسط برابر با ۳۶۰ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد (کرمی ۱۳۷۵).

شلدون و فلوز (Sheldon and Fellows 2010) در پژوهشی در دو رودخانه کوپرکریک (Cooper Creek) در حوضه خشک لیک آیر (Lake Eyre) و رودخانه وارگو (Warrego Rive) در حوضه خشک

مورای دارلینگ (Murray Darling) در استرالیا بیان داشته‌اند که کیفیت آب در این حوضه‌ها دارای تغییرپذیری زمانی و مکانی فراوان می‌باشد. آن‌ها همچنین بیان نموده‌اند که در طی دوره جریان رودخانه‌های فوق، عوامل زمین‌شناسی و کاربری اراضی، عوامل مهم موثر بر کیفیت آب و در طی دوره خشکی، عوامل با مقیاس محلی، مانند تبخیر، تأثیر آب زیرزمینی و بالارفتن غلظت و رسوب ترکیبات شیمیایی آب، عوامل مهم و تأثیرگذار بر کیفیت آب می‌باشند.

۲-۵- مدیریت سیلاب در مناطق خشک

کشور ایران بنا به موقعیت جغرافیایی خاص و ناهمواری‌های بسیار پراکنده و تأثیر عواملی از قبیل ورود توده هوای خارجی از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به شمار می‌رود. میزان بارندگی در ایران حدود ۳۳٪ متوسط بارندگی کره زمین است ولی همین مقدار بارندگی نیز پراکنش زمانی و مکانی مناسبی

نداشته به طوریکه حدود ۳۳٪ بارندگی در بیش از نیمی از کشور، در کویر مرکزی، حدود ۳۳٪ دیگر از کل بارندگی در سطحی حدود ۱۰٪ از مساحت کل کشور و حدود ۳۳٪ بقیه در سایر نقاط ایران صورت می‌گیرد. در بسیاری از مناطق کشور که جزء مناطق خشک محسوب می‌شود، تأمین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف تنها از منابع آب زیرزمینی امکان‌پذیر است. لذا این منابع از مهم‌ترین عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی این مناطق به شمار می‌رود. جلوگیری از تخریب و نابودی این منابع در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که برنامه‌ریزی اصولی و صحیح در بهره‌برداری و نگهداری از آن‌ها تدوین و اجرا گردد. در این راستا، استفاده بهینه از منابع آب‌های سطحی و سیلاب‌ها در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و تأمین آب مورد نیاز در بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت همواره به عنوان عامل موثر و مهم تلقی می‌گردد. به طوریکه پیشرفت‌های حاصل شده توسط نیاکان ما در مورد ذخیره و استفاده بهینه از سیلاب‌های فصلی و آب‌های جاری دائمی به اشکال مختلف مثل سدهای بزرگ قدیمی و قنات‌ها نشانه خوبی از این مدعا هستند.

رشد جمعیت و ضرورت افزایش تولید محصولات کشاورزی موجب تشدید بهره‌برداری از منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف کشور شده است. از طرف دیگر به دلیل عدم اجرای روش‌های مناسب افزایش ذخایر آب زیرزمینی با توجه به شرایط خاص اقلیمی در مناطق مختلف کشور، شاهد افت بیش از حد این منابع هستیم. لذا جهت جبران افت ناشی از بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی علاوه بر اجرای طرح‌های مهار آب رودخانه‌های دائمی، برنامه‌ریزی و اجرای روش‌های مهار و بهره‌برداری از سیلاب از ضروریات غیرقابل انکار در کشور ما می‌باشد. تخریب منابع تجدید شونده، توسعه مناطق بیابانی و سطوح کویری، نابسامانی محیط زیست، خسارات ناشی از سیلاب‌ها، رشد سریع جمعیت به ویژه در کشورهای در حال توسعه و نیاز روزافزون به مواد غذایی از عمده عواملی هستند که بهره‌وری بهینه از منابع طبیعی تجدید شونده به ویژه عنصر آب را اجتناب ناپذیر ساخته است (تقوایی ابریشمی ۱۳۸۵).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل کمبود منابع آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی قابل توجه، یکی از راه‌های تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و مصارف خانگی استفاده از آب باران می‌باشد (Zhu et al. 2003). در این مناطق به علت عدم مدیریت صحیح منابع طبیعی تجدید شونده، نه تنها بهره‌برداری بهینه از منابع آبی صورت نمی‌پذیرد، بلکه این عامل حیات‌بخش بصورت یک بلای طبیعی درآمده و سالیانه باعث خسارات جانی و مالی زیادی می‌گردد، در حالی که می‌توان با اتخاذ راهبردهای کارآمد و با صرف هزینه‌های پایین و کمترین زیان‌های زیست محیطی برای دستیابی به اهداف چند منظوره از سیلاب‌ها که سهم بالای از هرزآب‌های قابل دسترسی می‌باشد، استفاده نمود. قدمت استفاده از سیلاب و آبیاری سیلابی به حدود ۳۴۰۰ سال قبل از میلاد می‌رسد که آثار آن در تمدن‌های نیل، خوزستان و کرخه، فرات، هندوستان، فلسطین اشغالی و دیگر تمدن‌های قدیمی مشاهده شده است (کوثر ۱۳۷۴). در ایران نیز در گذشته استفاده از سیلاب و آبیاری سیلابی در نواحی جنوب شرق سیستان و بلوچستان، فارس، خراسان و سایر نقاط با ساخت سازه‌های سنتی رایج بوده است (فیله‌کش ۱۳۷۹). در قرن حاضر نیز در ایالات مختلف امریکا، بررسی‌های زیادی در زمینه استفاده از هرزآب‌ها انجام گرفته است که نتایج آن تاکنون بیانگر استفاده از این شیوه برای تولید بیشتر علوفه بوده است (فیله‌کش ۱۳۷۷). یکی از کارآمدترین روش‌ها که مانع ورود رواناب‌ها به خارج مرزها می‌شود و از نظر زمانی هم امکان ذخیره سیلاب‌های تولید شده در غیر فصل نیاز آبی را مهیا می‌سازد، اجرای پروژه‌های مهار سیلاب با رعایت اصول فنی و زیست محیطی می‌باشد. بسته به شرایط توپوگرافی، بافت خاک، کیفیت فیزیکی و شیمیایی سیلاب و هدف از بهره‌برداری، روش‌های بهره‌برداری فرق می‌کند (تقوایی ابریشمی ۱۳۸۵).

شرایط اقلیمی ایرانیان از قدیم موجب شده است تا همواره اقداماتی را برای مبارزه با خشکسالی و کمبود آب به عمل آورند. از جمله این اقدامات روش‌های سنتی آبیاری سیلابی و استفاده از سیلاب مناطق خشک می‌باشد. شکوهی (۱۳۸۷) در تحقیق خود، مدیریت سیلاب و تأمین نیاز آبی در شهر گرم و

خشک بهبهان واقع در استان خوزستان، بیان داشته است که با ذخیره سیلاب‌های سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌توان هزاران متر مکعب آب با کیفیت مناسب جهت هر نوع مصرف مانند آب شرب و فضای سبز را تامین کرد. در منطقه کالشور شهرستان سبزوار، از سیلاب‌های حوضه کالشور استفاده شده و از آن برای آبیاری بوته‌های کاشته شده در حاشیه حوضه جهت کاهش بیابان زایی، استفاده شده است. دادرسی سبزواری (۱۳۸۵) تأثیر این کار را در این منطقه مورد بررسی قرار داده و بیان نموده است که این امر باعث افزایش مواد آلی خاک در تمام اعماق خاک شده است. همچنین این فرایند با افزایش میزان شن در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک در تمامی نوارها باعث بهبود بخشیدن بافت سنگین خاک شده و بهبود کیفیت آبیاری در اراضی بیابانی را به همراه داشته است. همچنین او بیان داشته است که بهره‌برداری به موقع از نزولات آسمانی و جلوگیری از هدرروی آن در فصل بارش به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بروز خشکسالی‌های اخیر معضلات را در این مناطق زیاده‌تر ساخته است، از موثرترین روش‌ها در ممانعت از کویرزایی به شمار آمده و ضریب امنیت غذایی را افزایش می‌دهد.

فصل سوم: روش انجام کار

در این فصل کلیه مراحل کار که جهت بررسی کمی و کیفی سیلاب منطقه ترود انجام شده است، به طور مختصر ارائه می‌شود. این موارد عبارتند از:

- جمع‌آوری آمار و اطلاعات منطقه
- بازدیدهای صحرایی
- تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه
- تجزیه و تحلیل‌های آماری در خصوص بارندگی منطقه
- بررسی کمی سیلاب
- بررسی کیفی سیلاب
- ارائه راهکارهای مدیریتی

۳-۱- جمع آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز در منطقه مورد نظر

برای بررسی کمی سیلاب و ارائه راهکار مدیریتی مناسب اطلاعاتی مانند نقشه توپوگرافی، عکس‌های هوایی و آمار بارندگی منطقه مورد نیاز می‌باشد. برای این منظور از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مناطق تروند، چاه‌موسی، ورنکه عوض، سطوه و عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش استفاده شده است. برای تهیه آمار بارندگی منطقه با توجه به نبود ایستگاه باران‌سنجی در منطقه از آمار بارندگی با دوره ۲۵ ساله حوضه‌های اطراف استفاده شده است.

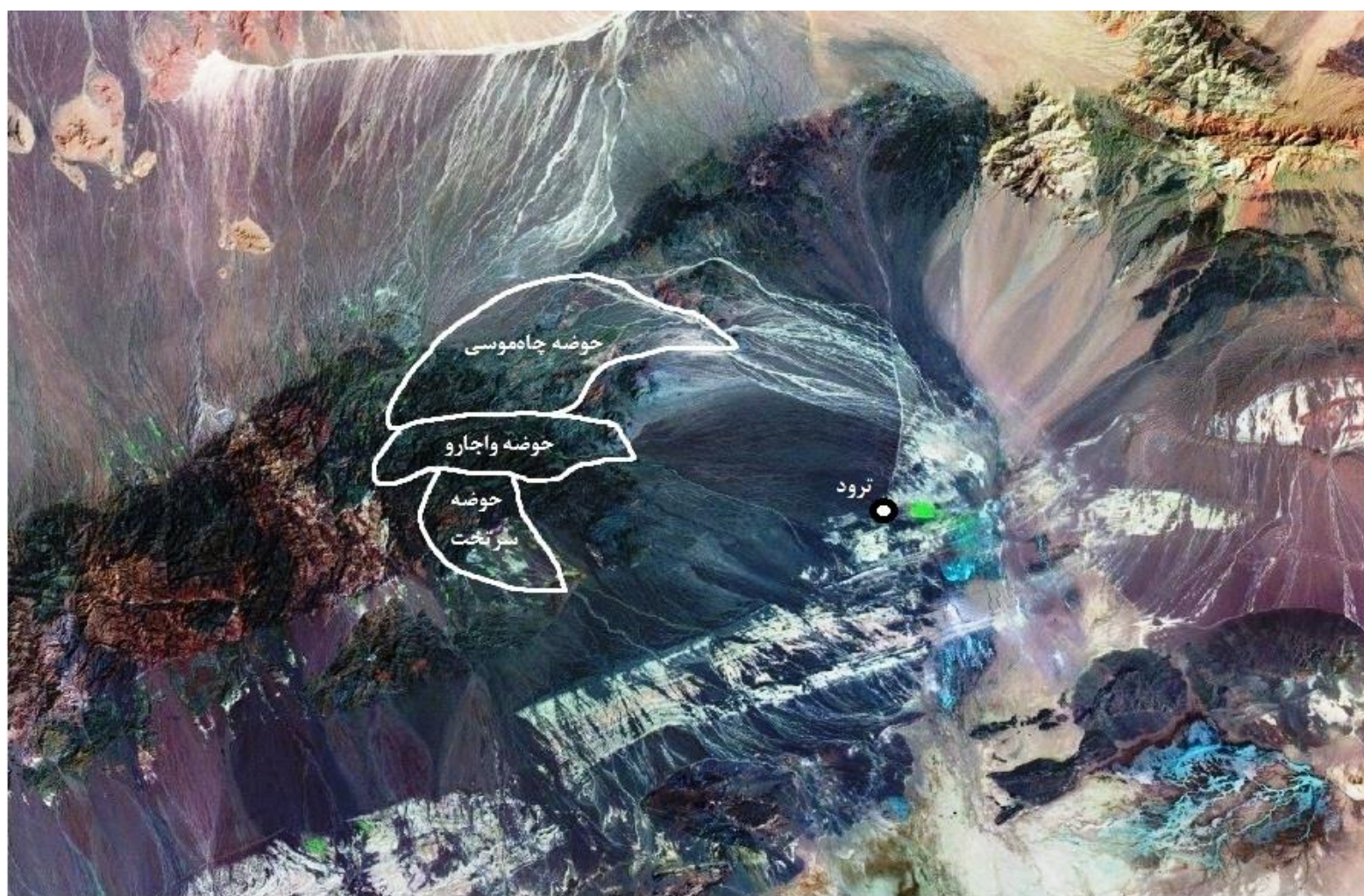
۳-۲- بازدیدهای صحرایی

به منظور شناخت صحیح منطقه، نمونه‌گیری از سیلاب و آب زیرزمینی آن و همچنین شناخت دقیق حوضه‌ها و بررسی خصوصیات و شناسایی مرز آن‌ها در چند مرحله از منطقه بازدید به عمل آمد. در طی این بازدیدها مرز هر یک از حوضه‌ها که در عکس‌های هوایی تخمین زده شده بود، مورد بررسی بیشتر جهت اطمینان بیشتر از صحت آن‌ها قرار گرفت. همچنین وضعیت لیتولوژی، مرفولوژی، شیب منطقه و پوشش گیاهی هر حوضه نیز در این بازدیدها مشخص شد.

۳-۳- تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه

این خصوصیات شامل مرز هر حوضه، شکل، پوشش گیاهی، لیتولوژی، مساحت، ارتفاع متوسط و شیب هر حوضه می‌باشد. برای بررسی خصوصیات مرز حوضه، شکل، لیتولوژی، پوشش گیاهی و مساحت هر حوضه از عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه، نقشه‌های توپوگرافی، نرم‌افزارهای Google Earth و Global Mapper و همچنین اطلاعات حاصل از بازدیدهای صحرایی استفاده شده است. پارامتر ارتفاع

متوسط و شیب متوسط هر حوضه نیز به ترتیب با استفاده از نمودار هیپسومتری هر حوضه و فرمول هورتون بدست آمده است. شکل (۱-۳) حوضه‌های منطقه را نشان می‌دهد.



0 3 6 9 12 km

شکل ۳-۱- حوضه‌های آبریز مشخص شده در منطقه مورد مطالعه

۳-۴- تجزیه و تحلیل آمار بارندگی در منطقه

در این قسمت کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری انجام شده بر روی داده‌های بارندگی که جهت برآورد سیلاب حوضه‌های مورد مطالعه استفاده شده‌اند، به طور مختصر بیان می‌شوند.

۳-۴-۱- آزمون نرمال بودن داده‌ها

در این قسمت جهت بررسی نرمال بودن آمار بارندگی ایستگاه ترود، داده‌های مربوط به آن با استفاده از روش‌های کلوموگروف-اسمیرنوف (Kolomogorov-Smirnow) و شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) در نرم‌افزار SPSS 18 مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۴-۲- تعیین توزیع احتمالاتی مناسب داده‌های بارندگی ایستگاه ترود

برای تعیین احتمال وقوع پدیده‌های مختلف با دوره بازگشت‌های مختلف، ابتدا باید توزیع احتمال داده‌های آماری مشخص شود.

الف- برآزش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود

در این تحقیق داده‌های ایستگاه ترود با استفاده از دو روش پارامترهای توزیع و روش ترسیمی برآزش داده شده‌اند.

- روش استفاده از پارامترهای توزیع

در این مرحله برای برآزش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود، از دو راه حل گشتاور (Moment) و حداکثر درستنمایی (Maximum Likelihood)، در نرم‌افزار Hyfa استفاده شده است.

- روش ترسیمی

یکی دیگر از روش‌های برازش داده‌ها با توابع توزیع، استفاده از روش ترسیمی می‌باشد. داده‌های بارندگی ایستگاه تروود نیز با استفاده از این روش مورد بررسی قرار گرفته‌اند

ب- آزمون نکویی برازش

دو روش متداول برای انتخاب بهترین تابع توزیع، آزمون کای اسکوئر (Chi Square Method) و آزمون انحراف (Deviation Method) می‌باشد. در این تحقیق برای تعیین بهترین تابع توزیع داده‌های بارندگی ایستگاه تروود، از روش‌های فوق، در نرم‌افزار Hyfa استفاده شده است.

۳-۴-۳- برآورد متوسط بارندگی در ایستگاه تروود برای دوره بازگشت‌های مختلف

برای برآورد مقدار بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه تروود، از آمار بارندگی مربوط به سال‌های ۱۳۶۳-۶۴ تا ۱۳۸۷-۸۸ استفاده نموده و با استفاده از نرم‌افزار Hyfa و با توجه به تابع توزیع مناسب داده‌های این ایستگاه، میزان بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شده است.

۳-۴-۴- آزمون همگنی داده‌ها

برای ارزیابی بهتر داده‌ها و کنترل همگنی داده‌های بارندگی حوضه‌های اطراف، اقدام به انجام آزمون‌های همگنی داده‌ها شده است. برای بررسی همگنی داده‌های بارندگی مورد استفاده در این تحقیق، از روش نمودار جرم مضاعف و روش غیرنموداری ران تست (Run test) استفاده شده است.

۳-۴-۵- تعیین میانگین بارندگی سالیانه منطقه با استفاده از نمودار بارندگی - ارتفاع

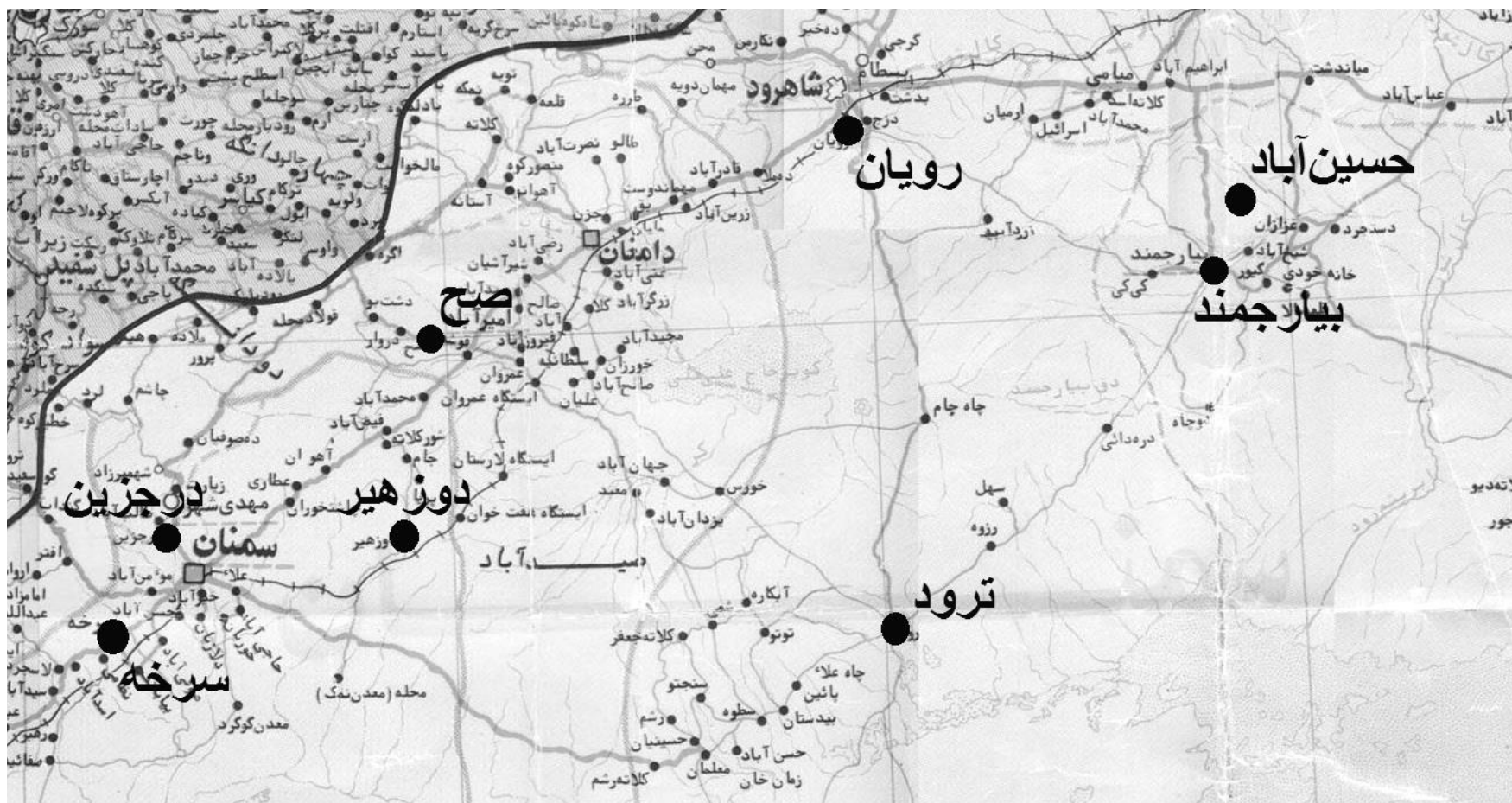
برای برآورد سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف متوسط بارندگی در حوضه‌های مورد نظر مورد نیاز می‌باشد. برای این منظور ابتدا با استفاده از آمار بارندگی ۲۵ ساله ۸ ایستگاه باران‌سنجی سطح استان، نمودار ارتفاع - بارندگی منطقه رسم شده و سپس با استفاده از آن و با در دست داشتن ارتفاع متوسط هر حوضه، میزان متوسط بارندگی برای هر حوضه تعیین شده است. شکل (۳-۲) موقعیت ایستگاه‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد.

۳-۴-۶- برآورد میانگین بارندگی در حوضه‌های مورد مطالعه برای دوره بازگشت‌های مختلف

در این مرحله با تاثیر نسبت متوسط بارندگی هر حوضه به متوسط بارندگی ایستگاه ترو، به میزان بارندگی‌های پیش‌بینی شده با دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه ترو، میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف برای هر حوضه محاسبه می‌شود.

۳-۵- بررسی کمی سیلاب در منطقه ترو

در این مرحله با استفاده از روش منطقی و با در دست داشتن ضریب رواناب هر حوضه که با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی آن، مانند ارتفاع متوسط، شیب، پوشش گیاهی و لیتولوژی، مشخص شده است، ارتفاع رواناب و به دنبال آن، با در نظر گرفتن مساحت حوضه، حجم رواناب برای هر حوضه در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است.



شکل ۳-۲- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

۳-۶- بررسی کیفی سیلاب در منطقه ترود

در این قسمت جهت مقایسه کیفیت آب سیلاب و آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه و ارائه راهکار مدیریتی مناسب هر حوضه، نمونه آب‌های برداشت شده در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ از دو قنات ترود و چاه‌موسی و سیلاب‌های حوضه‌های چاه‌موسی و واجارو، مورد بررسی کیفی قرار گرفته است.

۳-۶-۱- نمونه‌برداری از قنات اصلی روستای ترود و سیلاب‌های منطقه در چند نوبت

برای این منظور در طی دو مرحله از قنات اصلی روستای ترود در تاریخ‌های خرداد و اسفند سال ۱۳۸۸، قنات منطقه چاه‌موسی در تاریخ مرداد سال ۱۳۸۹ و به ترتیب از سیلاب‌های دو حوضه چاه‌موسی و واجارو در تاریخ‌های اسفند ماه ۱۳۸۸ و فروردین ماه ۱۳۸۹ نمونه‌برداری شده است. نمونه آب‌های فوق جهت اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی و تعیین مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی به آزمایشگاه پارک علم و فناوری شهرستان شاهرود فرستاده شده‌اند. برای نمونه‌گیری از ظروف یک لیتری استفاده شده و برای جلوگیری از خطا، سه مرحله قبل از نمونه‌گیری ظروف نمونه‌گیری با نمونه آب شستشو داده شده است.

۳-۶-۲- اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی سیلاب‌ها و قنات‌های منطقه

در این مرحله هدایت الکتریکی و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی چهار نمونه آب قنات مناطق ترود و چاه‌موسی و همچنین دو نمونه آب سیلاب حوضه واجارو و چاه‌موسی توسط آزمایشگاه پارک علم و فناوری شهرستان شاهرود تعیین شده است. خصوصیات دیگر از قبیل سختی کل، کل جامدات محلول و درصد سدیم محلول نیز با توجه به این نتایج مشخص شده است. سپس برای ارزیابی‌های کیفی سیلاب‌ها، نمودارهای پایپر، استیف و ویلکاکس آن‌ها ترسیم و با آب‌های زیرزمینی منطقه مقایسه شده است.

۳-۷- ارائه راهکار مدیریتی مناسب برای هر حوضه

سالانه مقادیر بالای آب با کیفیت مناسب در منطقه مورد مطالعه، به صورت سیلاب‌های فصلی از دسترس خارج شده و به مناطق کویری جنوب روستا سرازیر می‌شود. با در نظر گرفتن این موضوع و همچنین نیاز روزافزون منطقه به آب با کیفیت مناسب جهت مصارف کشاورزی و آب شرب و در نظر داشتن حجم روانابی که هر ساله به صورت فصلی تکرار می‌شود؛ با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیوگرافی هر حوضه، راهکار مدیریتی مناسب برای استفاده و جلوگیری از هدرروی سیلاب هر یک از حوضه‌ها ارائه شده است.

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی

سیلاب‌های ناحیه غرب ترود

۴-۱- مقدمه

به منظور بررسی کمی و کیفی سیلاب در حوضه‌های منطقه غرب ترود و ارائه راهکار مدیریتی مناسب برای هر حوضه، به میانگین بارندگی سالیانه هر حوضه و در ادامه حجم رواناب هر حوضه نیاز است. برای این منظور، با توجه به نبود آمار بارندگی در حوضه‌های مورد مطالعه، ابتدا میانگین بارندگی سالانه حوضه‌های مورد مطالعه، با استفاده از آمار بارندگی ایستگاه‌های اطراف محاسبه شده است. در ادامه با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه، ضریب رواناب هر حوضه تخمین زده شده و با توجه به آن، کمیت سیلاب در هر یک از حوضه‌ها برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است. سپس نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های کیفی مربوط به نمونه‌های آب زیرزمینی و سیل برداشته شده در سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برای بررسی بیشتر نمونه‌ها، نمودارهای کیفیتی هر نمونه ترسیم شده و با یکدیگر مقایسه شده است. در نهایت، با توجه به خصوصیات

فیزیوگرافی حوضه‌ها و هم‌چنین کمیت و کیفیت سیلاب مربوط به هر یک از آن‌ها، راهکارهای مدیریتی جداگانه‌ای برای هر کدام از حوضه‌ها ارائه گردید.

۴-۲- تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های مورد مطالعه

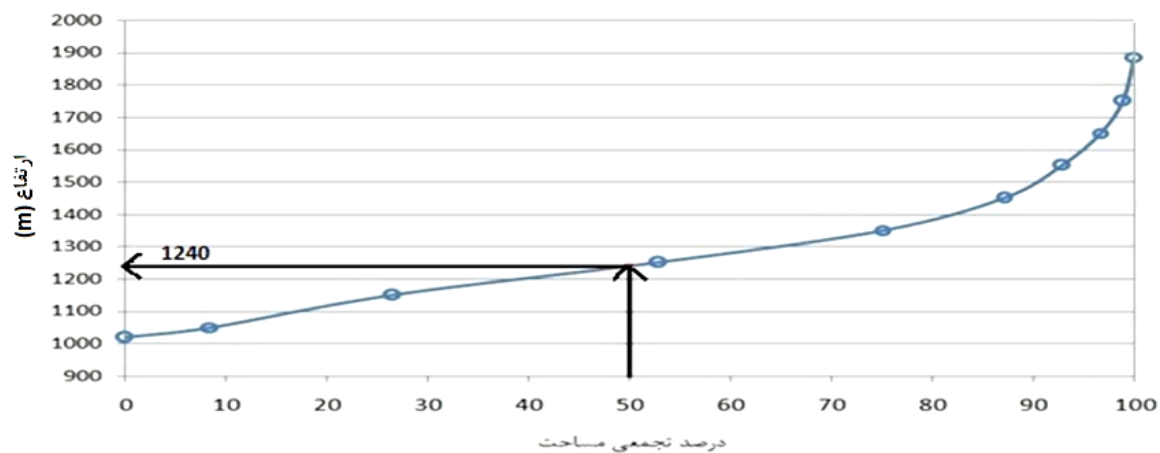
این خصوصیات شامل مرز هر حوضه، شکل، پوشش گیاهی، لیتولوژی، مساحت، ارتفاع متوسط و شیب متوسط هر حوضه می‌باشد. برای تعیین مرز هر حوضه ابتدا با در دست داشتن عکس‌های هوایی منطقه و نقشه‌های توپوگرافی و هم‌چنین بازدیدهای صحرایی از منطقه، سه حوضه مهم چاه‌موسی، واجارو و سرتخت در ارتفاعات غرب تروود تشخیص داده شد. سپس با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه، مرز دقیق هر یک از حوضه‌ها مشخص شد. پارامتر شکل هر حوضه نیز با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و نرم‌افزارهای Google Earth و Global Mapper مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی‌ها شکل حوضه‌های چاه‌موسی و واجارو از نوع کشیده و حوضه سرتخت از نوع بادبزنی تشخیص داده شد. لیتولوژی منطقه با استفاده از بازدیدهای به عمل آمده و نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تروود و هم‌چنین بررسی مطالعات پیشین در حوضه واجارو به طور غالب از نوع آندزیت و در دو حوضه سرتخت و چاه‌موسی در قسمت‌های غربی از نوع آندزیت و در قسمت‌های شرقی از نوع آبرفت دانه‌درشت تشخیص داده شد. وضعیت پوشش گیاهی در حوضه‌های منطقه، در بازدیدهای به عمل آمده از نوع بسیار ضعیف تشخیص داده شد. برای بدست آوردن مساحت هر حوضه از روش دوزنقه‌ای و نرم افزارهای Google Earth و Global Mapper استفاده شده، بدین ترتیب مساحت حوضه چاه‌موسی برابر با ۷۳ کیلومتر مربع، حوضه واجارو ۴۲ کیلومتر مربع و حوضه سرتخت برابر با ۲۰ کیلومتر مربع محاسبه شده است. بر اساس دسته‌بندی مساحتی حوضه‌ها، که در آن حوضه‌های با مساحت کمتر از ۱۰۰ کیلومتر مربع حوضه کوچک، حوضه‌های با مساحت بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر مربع حوضه متوسط و حوضه با مساحت بیشتر از ۱۰۰۰ کیلو متر مربع حوضه بزرگ نامیده می‌شوند، هر سه حوضه منطقه در گروه

حوضه‌های کوچک جای می‌گیرند. ارتفاع حوضه از سطح دریا نشان دهنده موقعیت اقلیمی آن حوضه است. برحسب تعریف ارتفاع متوسط حوضه ارتفاعی است که ۵۰ درصد مساحت حوضه ارتفاعی بالاتر از آن و ۵۰ درصد مساحت حوضه ارتفاعی پایین تر از آن داشته باشند. برای بدست آوردن این مقدار باید منحنی تجمعی تغییرات افزایش سطح حوضه نسبت به ارتفاع روی یک دستگاه مختصات رسم شود. به این ترتیب که ارتفاع در روی محور عمودی و درصد مساحت تجمعی در روی محور افقی مقابل هم ترسیم می‌شوند. سپس از روی آن نمودار، ارتفاعی که مربوط به درصد تجمعی برابر با ۵۰ درصد مشخص می‌شود. یک روش نمایش نحوه توزیع ارتفاعات در حوضه‌ها نمودار هیپسومتری (Hypsometry) حوضه می‌باشد. برای ترسیم این نمودار، ابتدا پس از تعیین مرز حوضه بر روی نقشه توپوگرافی، حوضه را به دسته‌های ارتفاعی با فواصل یکسان تقسیم شده و مساحت هر یک از این گروه‌ها محاسبه می‌شود. سپس در یک دستگاه محور مختصات، ارتفاع نسبت به مساحتی از حوضه که پایین تر از آن ارتفاع واقع شده است به صورت تجمعی رسم می‌شود. جداول (۱-۴)، (۲-۴) و (۳-۴) گروه‌های ارتفاعی حوضه‌های چاه-موسی، واجارو و سرتخت و شکل‌های (۱-۴)، (۲-۴) و (۳-۴) به ترتیب تصاویر نمودارهای هیپسومتری حوضه‌های چاه‌موسی، واجارو و سرتخت را نشان می‌دهند.

جدول ۱-۴- گروه‌های ارتفاعی حوضه چاه‌موسی

درصد تجمعی مساحت	مساحت دسته (درصد)	مساحت دسته (کیلومتر مربع)	دسته ارتفاعی (m)
8.3333	8.3333	6.1000	1020-1100
26.437	18.1034	13.2517	1100-1200
52.8735	26.4367	19.3517	1200-1300
75.0000	22.1264	16.1965	1300-1400
87.0689	12.0689	8.8344	1400-1500
92.8160	5.7471	4.2068	1500-1600
96.5517	3.7356	2.7344	1600-1700
98.8505	2.2988	1.6827	1700-1800

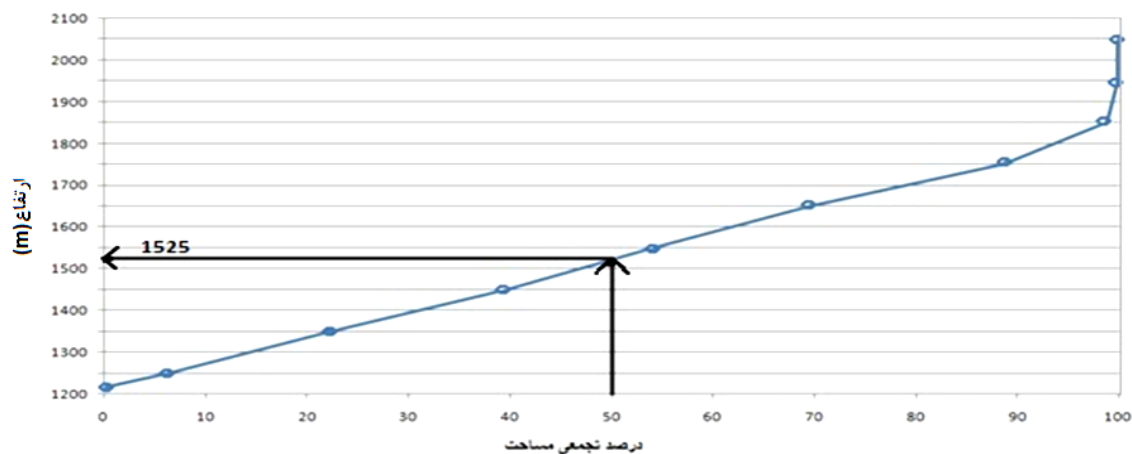
1800-1885	0.8414	1.1494	100.0000
-----------	--------	--------	----------



شکل ۴-۱- منحنی هیپسومترى حوضه چاه‌موسی

جدول ۴-۲- گروه‌های ارتفاعی حوضه واجارو

دسته ارتفاعی (m)	مساحت دسته (کیلومتر مربع)	مساحت دسته (درصد)	درصد تجمعی مساحت
1215-1300	2.680	6.37442	6.3744
1300-1400	6.730	16.0074	22.3818
1400-1500	7.300	17.3631	39.7450
1500-1600	6.063	14.4209	54.1659
1600-1700	6.490	15.4365	69.6025
1700-1800	8.045	19.1351	88.7377
1800-1900	4.254	10.1182	98.8559
1900-2000	0.435	1.0346	99.8905
2000-2060	0.046	0.1094	100.0000

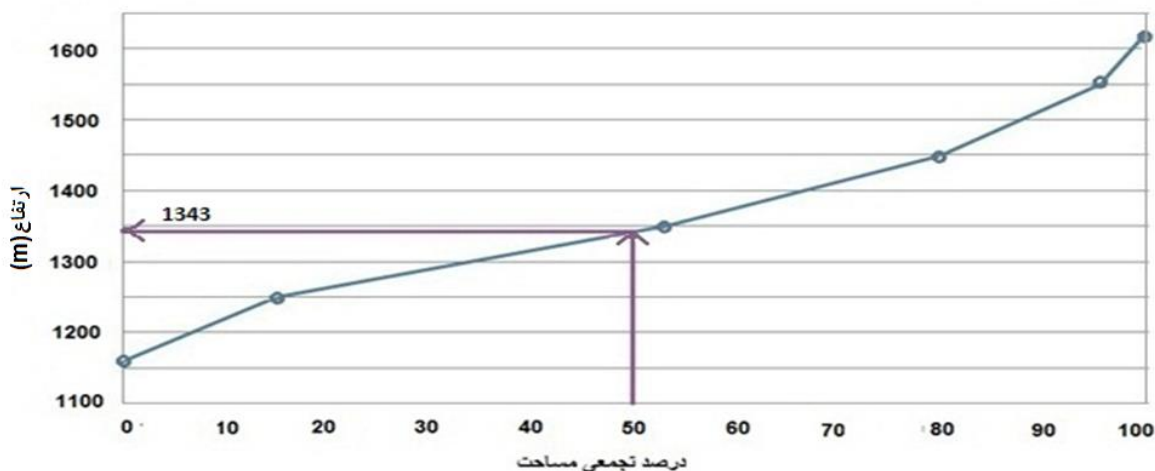


فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی سیلاب‌های ناحیه غرب ترود

شکل ۴-۲- منحنی هیپسومتری حوضه واجارو

جدول ۴-۳- گروه‌های ارتفاعی حوضه سرتخت

دسته ارتفاعی (m)	مساحت دسته (کیلومتر مربع)	مساحت دسته (درصد)	درصد تجمعی مساحت
1160 - 1200	2.9729	15.0527	15.0527
1200 - 1300	7.4886	37.9169	52.9696
1300 - 1400	5.2841	26.7554	79.7250
1400 - 1500	3.0798	15.5939	95.3189
1500 - 1600	0.8552	4.3300	99.6489
1600 - 1660	0.0693	0.3510	100.0000



شکل ۴-۳- منحنی هیپسومتری حوضه سرتخت

با توجه به نمودار، ارتفاع متوسط حوضه چاه‌موسی برابر با ۱۲۴۰ متر، حوضه واجارو برابر با ۱۵۲۵ متر

و حوضه سرتخت برابر با ۱۳۴۳ متر می‌باشد.

برای بدست آوردن شیب متوسط هر حوضه نیز از روش هورتون که معادله آن در زیر آمده است، استفاده شده است.

$S =$

معادله (۴-۱)

$$\frac{H \cdot \sum L}{A}$$

در این معادله S شیب متوسط حوضه، H فاصله ارتفاعی خطوط تراز، $\sum L$ مجموع طول خطوط تراز داخل حوضه و A برابر با مساحت حوضه می‌باشند.

با استفاده از معادله (۴-۱) شیب متوسط در حوضه‌های چاه‌موسی، واجارو و سرتخت به ترتیب $۰/۶/۳$ ، $۰/۲۶$ و $۰/۱۱$ برآورد شده است.

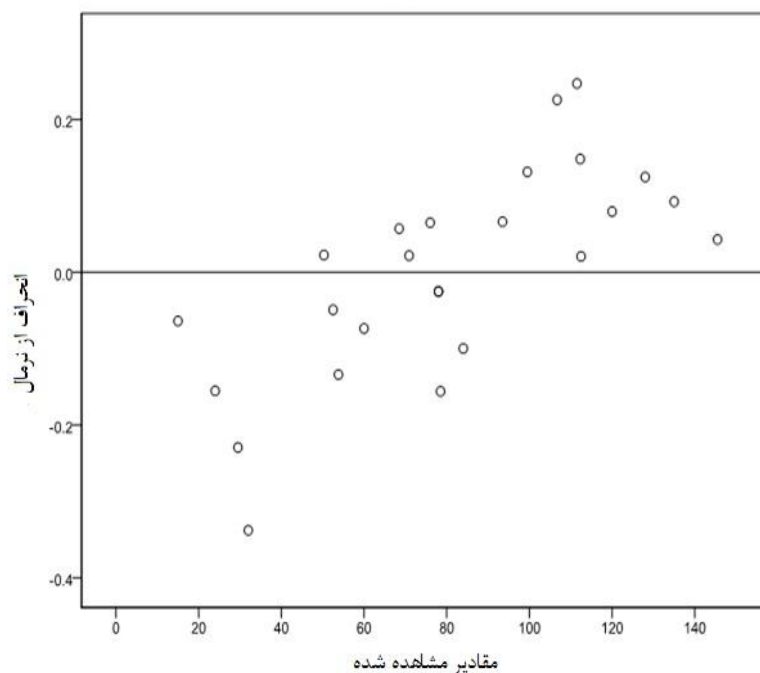
۴-۳- تجزیه و تحلیل آمار بارندگی در منطقه

در این قسمت کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری انجام شده بر روی داده‌های بارندگی که جهت برآورد سیلاب حوضه‌های مورد مطالعه استفاده شده‌اند، به طور مختصر بیان می‌شوند. این مراحل جهت بررسی صحت داده‌های فوق انجام شده‌اند.

۴-۳-۱- آزمون نرمال بودن داده‌ها

جهت بررسی نرمال بودن آمار بارندگی ایستگاه تروود، از دو روش آزمون کلموگروف- اسمیرنوف (Kolomogorov-Smirnow) و آزمون شاپیرو- ویلک (Shapiro-Wilk) استفاده شده است. تفاوت دو روش فوق در حجم داده‌ها می‌باشد، بدین صورت که در داده‌های با تعداد بیشتر از ۲۰۰۰، از آزمون کلموگروف و در داده‌های با تعداد کمتر از ۲۰۰۰ از هر دو روش استفاده می‌شود. در هر دو آزمون میزان سیگما محاسبه می‌شود، اگر سیگمای حاصل بیشتر از $۰/۰۵$ باشد در آن صورت داده‌های مورد بررسی نرمال می‌باشند، در غیر این صورت داده‌ها حالت نرمال نداشته و باید اصلاح شوند. جهت کنترل نرمال بودن آمار بارندگی ایستگاه تروود، داده‌های بارندگی این ایستگاه با استفاده از دو آزمون فوق، در نرم‌افزار SPSS ۱۸ مورد بررسی قرار گرفته است. طبق نتایج حاصل، میزان سیگمای بدست آمده در آزمون کلموگروف $۰/۲$ و در آزمون شاپیرو $۰/۸$ بوده است. با توجه به این که سیگما در هر دو روش بیشتر از

۰/۰۵ بوده، بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که داده‌های فوق نرمال بوده و ادامه کار ممکن می‌باشد. نرمال بودن داده‌ها را از طریق رسم نمودار نیز می‌توان بررسی کرد. در این روش نمودارهای Q-Q داده‌ها رسم می‌شود. در این نمودار، هر قدر نقاط نسبت به خط افقی صفر نزدیکتر باشند، داده‌ها حالت نرمال‌تری دارند. شکل (۴-۴) نشان‌دهنده نمودار Q-Q داده‌ها می‌باشد.



شکل ۴-۴- نمودار Q-Q داده‌های بارندگی ایستگاه ترود

۴-۳-۲- تعیین توزیع احتمالاتی مناسب داده‌های بارندگی ایستگاه ترود

برای تعیین توزیع احتمالاتی مناسب هر ایستگاه ابتدا باید توابع توزیع احتمالاتی مناسب که داده‌ها با استفاده از آن قابل برازش باشند، مشخص شوند. پس از آن بهترین تابع توزیع مناسب داده‌های ایستگاه مورد نظر تعیین می‌شود.

الف - برازش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود

در بررسی‌های هیدرولوژی سعی می‌شود، داده‌هایی که به صورت تجربی اندازه‌گیری و ثبت شده‌اند، با توابع توزیع تئوری برازش داده شده و بهترین تابعی که با داده‌ها مطابقت داشته باشد، به عنوان تابع توزیع احتمال برگزیده شود، تا از روی آن به ازاء هر احتمال مورد نظر مقدار متغیر هیدرولوژی بدست آید. جهت این که داده‌های یک ایستگاه تا چه حد به یک تابع توزیع احتمال نزدیک می‌باشند، روش‌های مختلفی وجود دارد که چهار روش آن‌ها در هیدرولوژی کاربرد دارد. این روش‌ها عبارتند از:

- روش استفاده از پارامترهای توزیع
- روش ضرایب فراوانی
- روش ترسیمی
- روش حداقل مربعات

در این تحقیق داده‌های ایستگاه ترود با استفاده از دو روش پارامترهای توزیع و روش ترسیمی برازش داده شده‌اند که در ذیل شرح داده می‌شوند.

- روش استفاده از پارامترهای توزیع

اساسی‌ترین روش استفاده از پارامترهای توزیع می‌باشد. برای این کار دو راه حل گشتاور (Moment) و حداکثر درست‌نمایی (Maximum Likelihood) بکار برده می‌شود. داده‌های ایستگاه ترود با استفاده از هر دو روش گشتاور و حداکثر درست‌نمایی در نرم افزار Hyfa برازش داده شده‌اند. برای این منظور توابع توزیع لوگ نرمال دو پارامتری (Log Normal ۲-parameter)، نرمال (Normal)، لوگ نرمال سه پارامتری (Log Normal ۳-parameter)، پیرسون تیپ سه (Pearson type III)، گامبل (Gumbel)، لوگ پیرسون تیپ سه (Log Pearson type III) و گاما نوع دو (Gamma ۲-parameter) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج در جدول ۱ پیوست می‌باشد.

- روش ترسیمی

یکی از روش‌های رایج برازش داده‌ها استفاده از حل ترسیمی می‌باشد. در این روش ابتدا داده‌ها به صورت نزولی ردیف می‌شوند. سپس ردیف هر کدام از داده‌ها مشخص می‌گردد. فراوانی هر کدام از داده‌های ردیف شده، بر اساس ردیفی که در آن قرار دارند محاسبه می‌شود. جهت محاسبه فراوانی هر کدام از داده‌ها فرمول‌های مختلفی در دسترس می‌باشد. یکی از فرمول‌ها عبارت است از:

$$P = \frac{m}{n-1} \quad \text{معادله (۲-۴)}$$

در این فرمول که به فرمول ویبل (Weibull) معروف می‌باشد، n برابر با سال‌های آماری بوده و m ردیف داده مورد نظر می‌باشد. سپس با توجه به مقادیر بدست آمده از معادله (۲-۴) و بعضی از پارامترهای آماری مربوط به داده‌های واقعی مثل میانگین و انحراف استاندارد، و با استفاده از توزیع‌های مختلف داده‌ها شبیه‌سازی می‌شوند. جهت شبیه‌سازی داده‌ها، چاو (Chow) فرمول زیر را ارائه نموده است.

$$X_t = \bar{X} + KS \quad \text{معادله (۳-۴)}$$

در این جا :

X_t : مقدار پارامتر مورد نظر با دوره بازگشت t

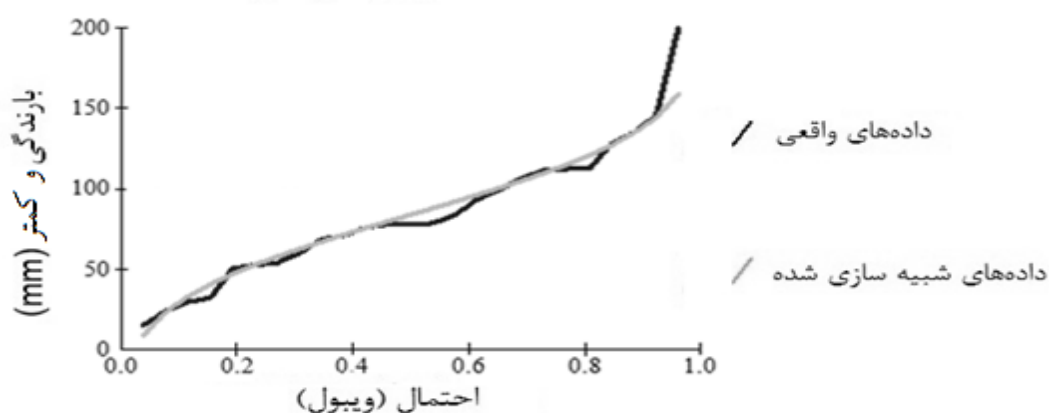
$\bar{X}$: میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده

K : فاکتور فراوانی (که برای توزیع‌های مختلف فرق می‌کند و بر اساس پارامترهای آماری و مقادیر

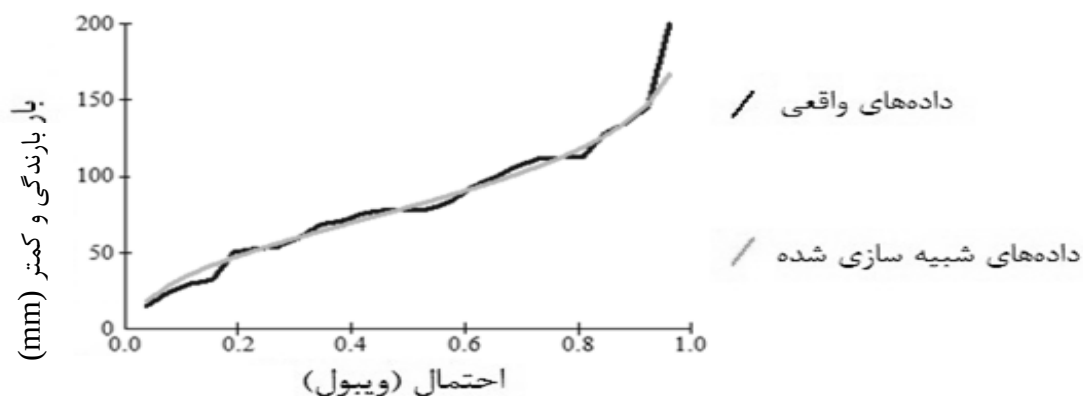
بدست آمده از فرمول ۲-۴ محاسبه می‌شود).

S : انحراف از استاندارد

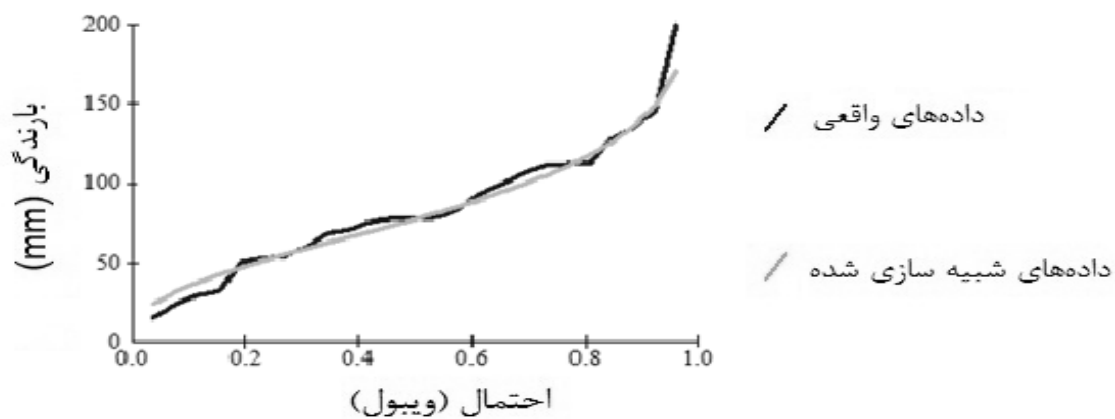
در این روش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود توسط توابع توزیع لوگ نرمال دو پارامتری (Log Normal ۲-parameter)، لوگ نرمال سه پارامتری (Log Normal ۳-parameter)، پیرسون تیپ سه (Pearson type III)، گامبل (Gumbel) و لوگ پیرسون تیپ سه (Log Pearson type III) در نرم‌افزار SPSS ۱۸ و Snada ۶.۰ و Hyfa مورد بررسی قرار گرفت. شکل‌های (۴-۵)، (۴-۶)، (۴-۷)، (۴-۸)، (۴-۹) و (۴-۱۰) به ترتیب نمودارهای نشان‌دهنده توزیع نرمال، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون نوع سه، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ پیرسون نوع سه و گامبل را نشان می‌دهد. با توجه به نمودارهای حاصل، از بین توابع توزیع بررسی شده، توابع لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون و گامبل بهترین برازش را با داده‌های مورد بررسی دارند.



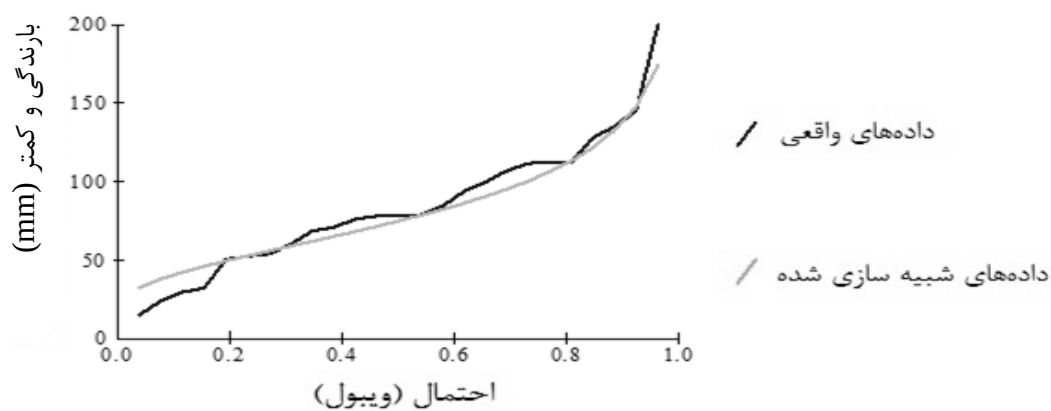
شکل ۴-۵- توزیع نرمال



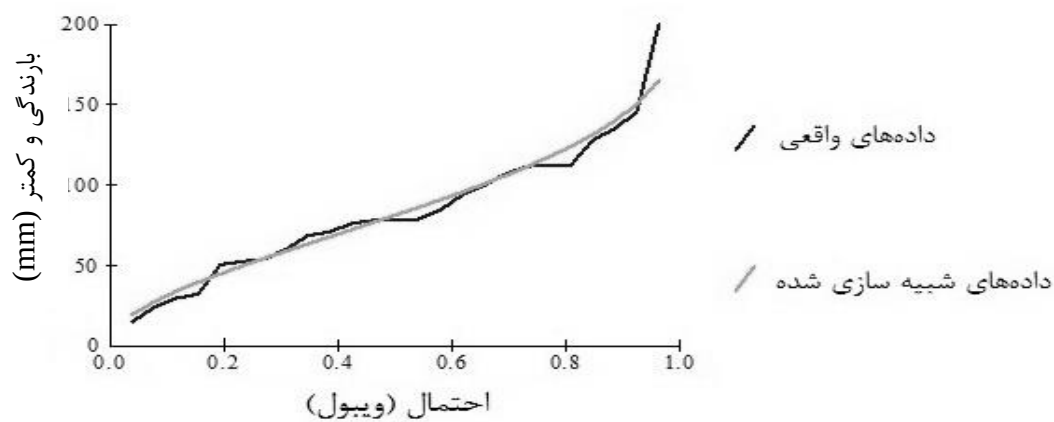
شکل ۴-۶- توزیع لوگ نرمال (سه پارامتری)



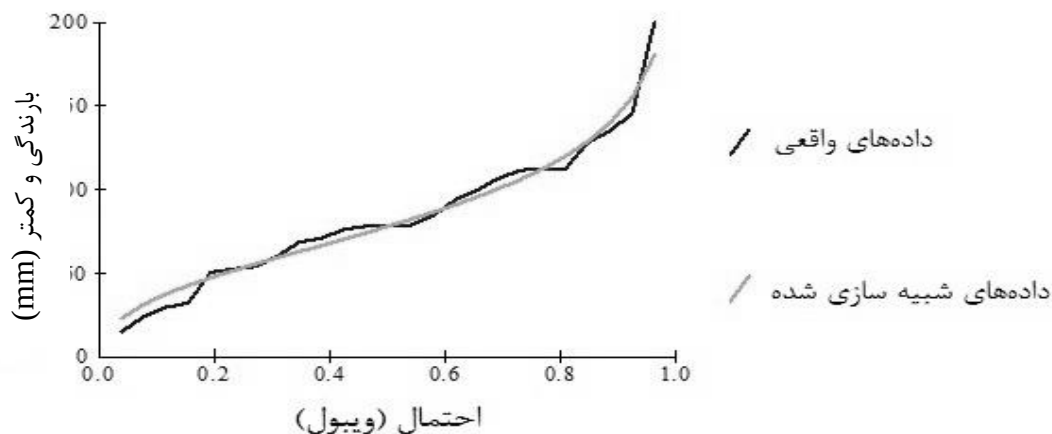
شکل ۴-۷- توزیع پیرسون نوع سه



شکل ۴-۸- توزیع لوگ نرمال دو پارامتری



شکل ۴-۹- توزیع لوگ پیرسون نوع سه



شکل ۴-۱۰- توزیع گامبل

ب- آزمون نکویی برازش

ممکن است در مراحل برازش، داده‌ها با چند توزیع احتمال برازش داشته باشند، اما برای انتخاب بهترین توزیع از روش‌های دیگری استفاده می‌کنیم. از جمله این روش‌ها: ۱- روش Chi Square Method و روش Deviation Method می‌باشد. برای انتخاب بهترین تابع توزیع داده‌های بارندگی ایستگاه ترود، از این دو روش در نرم‌افزار Hyfa استفاده شد.

- آزمون *Chi Square Method*

داده‌های بارندگی ایستگاه ترود با استفاده از این آزمون در نرم‌افزار Hyfa مورد بررسی قرار گرفتند. در این بررسی توابع توزیع لوگ نرمال دو پارامتری (Log Normal ۲-parameter)، گامبل (Gumbel)، نرمال (Normal)، لوگ نرمال سه پارامتری (Log Normal ۳-parameter)، و پیرسون نوع سه (Pearson type III) مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج، بهترین تابع توزیع برای این داده‌ها تابع توزیع لوگ نرمال سه پارامتری، با مقدار کای اسکوئر برابر با ۰/۸ می‌باشد. نتایج این آزمون در جدول (۳-۴) ارائه شده است.

– آزمون *Deviation Method*

یکی دیگر از راه‌های مشخص نمودن بهترین تابع توزیع یک گروه داده، استفاده از این آزمون می‌باشد. داده‌های بارندگی ایستگاه تروود در نرم افزار Hyfa، با استفاده از این آزمون مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمون توابع توزیع نرمال (Normal)، لوگ نرمال دو پارامتری (Log Normal ۲-parameter)، لوگ نرمال سه پارامتری (Log Normal ۳-parameter)، پیرسون نوع سه (Pearson type III) و گامبل (Gumbel) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این آزمون نیز نتایج آزمون Chi Square Method را تأیید می‌کند. با توجه به نتایج، تابع توزیع لوگ نرمال سه پارامتری با داشتن متوسط انحراف نسبی (Mean relat.dev) برابر با ۶/۲ بهترین تابع توزیع می‌باشد. نتایج این آزمون در جدول (۴-۴) درج شده است.

جدول ۴-۴- نتایج آزمون نکویی برازش داده‌های بارندگی ایستگاه تروود

تابع توزیع	Chi-square value	Mean relat.dev
نرمال	۰/۸	۱۰/۶
لوگ نرمال دو پارامتری	۱/۶	۱۲/۸
لوگ نرمال سه پارامتری	۰/۸	۶/۲
گاما دو پارامتری	۱/۶	۸/۳
پیرسون نوع سه	۱/۶	۶/۷
گامبل	۱/۶	۷/۴

۴-۳-۳- برآورد مقدار بارندگی ایستگاه تروود در دوره بازگشت‌های مختلف

برای برآورد مقدار بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف از آمار بارندگی مربوط به سال‌های ۶۴-۱۳۶۳ تا ۸۸-۱۳۸۷ استفاده نموده و با استفاده از نرم‌افزار Hyfa توزیع آماری مربوط به آن توزیع لوگ نرمال سه

پارامتری تشخیص داده شد. سپس با استفاده از معادله این توزیع که در معادله (۴-۴) ذکر شده است، مقدار بارندگی برای دوره بازگشت‌های مختلف برآورد می‌شود. این مراحل توسط نرم افزار Hyfa انجام شده و نتایج در جدول (۴-۵) درج شده است.

معادله (۴-۴) $\log X = \log \bar{X} +$

$K \log S$

در این معادله X مقدار بارندگی در دوره بازگشت مورد نظر، $\bar{X}$ میانگین بارندگی‌های ثبت شده، S انحراف معیار و K ضریب فراوانی می‌باشد.

جدول ۴-۵- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه ترود

مقدار بارندگی (میلی‌متر)	دوره بازگشت (سال)
78.9	۲
117.2	۵
140.6	۱۰
161.9	۲۰
168.4	۲۵
188.2	۵۰
207.3	۱۰۰

۴-۳-۴- آزمون همگنی داده‌ها

قبل از تجزیه و تحلیل داده‌های بارندگی در ایستگاه‌های مورد نظر، لازم است داده‌های مذکور از نظر کامل بودن سری آماری مورد ارزیابی قرار گیرند. یکی از کارهایی که در این زمینه انجام می‌شود آزمون همگنی داده‌ها می‌باشد. در این مرحله برای ارزیابی بهتر داده‌ها و کنترل همگنی داده‌های ایستگاه‌ها، اقدام به انجام آزمون‌های همگنی داده‌ها شده است. همگنی به این معناست که داده‌ها مربوط به یک جامعه آماری تصادفی مشخص باشند (علیزاده ۱۳۸۱). برای این منظور روش‌های مختلفی وجود دارد که در دو گروه دسته‌بندی می‌شوند.

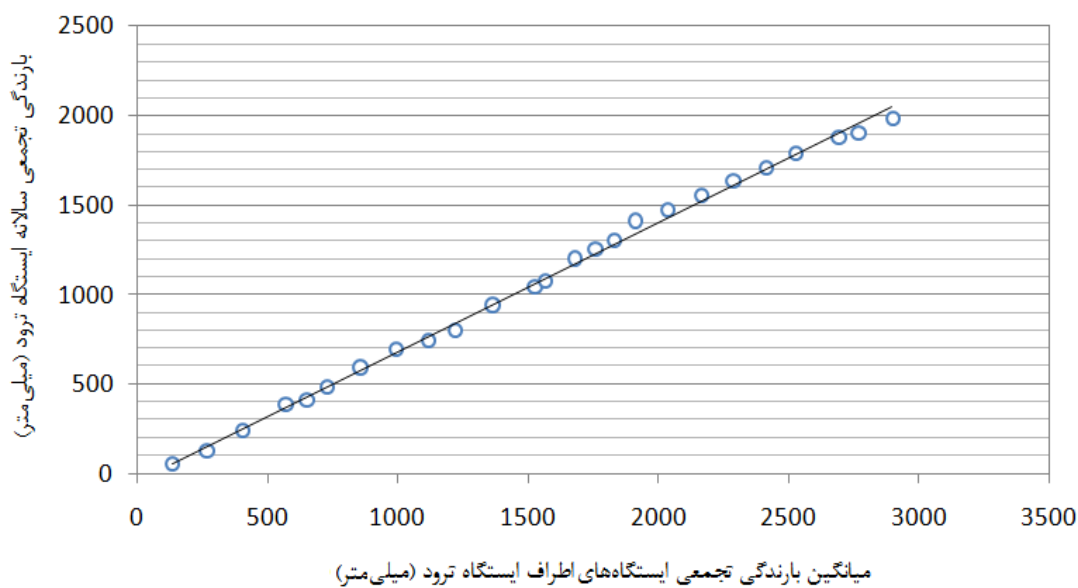
الف- روش‌های نموداری

معمول‌ترین روش نموداری که به منظور اطمینان از یکنواختی داده‌ها به کار برده می‌شود روش جرم مضاعف است. این روش معمولاً برای آزمون همگنی داده‌های مربوط به بارندگی و رواناب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این روش داده‌های ایستگاه ترود که قرار است مورد آزمون همگنی قرار گیرد به ترتیب سال وقوع ردیف شده و سپس میانگین داده‌های ایستگاه‌های اطراف بدست آمده و در یک محور مختصات ترسیم شده است. به این صورت که در محور x مقادیر تجمعی میانگین داده‌های ایستگاه‌های مجاور برای هر سال و در محور y مقادیر تجمعی داده‌های ایستگاه ترود قرار گرفته‌اند. مقادیر محاسبه شده برای این روش در جدول (۴-۶) درج شده‌اند. شکل (۴-۱۱) نمودار جرم مضاعف ایستگاه ترود را نشان می‌دهد. اگر نمودار حاصل به صورت خط مستقیم بوده و در هیچ نقطه‌ای از آن تغییر شیبی مشاهده نشود در آن صورت داده‌ها همگن بوده اما اگر در نقطه‌ای از این نمودار تغییر شیبی مشاهده شود، نشانگر این می‌باشد که در آن سال داده‌ها از حالت همگن درآمده و باید اصلاح شوند.

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی سیلاب‌های ناحیه غرب ترود

جدول ۴-۶- مقادیر نمودار جرم مضاعف ایستگاه ترود

میانگین بارندگی ایستگاه‌های اطراف ایستگاه ترود (mm)	بارندگی تجمعی ایستگاه ترود (mm)	بارندگی تجمعی میانگین ایستگاه‌های اطراف ترود (mm)
132.4	53.8	132.4286
131.6	124.7	264.07146
138.4	237.0	402.4857
163.4	382.5	565.9285
81.2	412.0	647.1428
77.3	480.5	724.4285
128.9	592.0	853.2857
137.6	792.0	990.8428
125.0	927.0	1115.8428
101.6	942.0	1217.4142
143.0	1054.5	1360.4142
162.7	1154.0	1523.1000
41.7	1186.0	1564.8142
112.4	1314.0	1677.257143
78.7	1366.5	1755.9428
74.1	1416.8	1830.0428
78.7	1523.5	1908.7
123.0	1583.5	2031.728571
132.4	1667.5	2164.0857
120.4	1745.5	2284.5000
126.1	1821.5	2410.5571
114.3	1900.0	2524.8428
165.0	1993.5	2689.8571
75.5	2017.5	2765.3714
131.9	2095.5	2897.3000



شکل ۴-۱۱- نمودار جرم مضاعف ایستگاه ترود

همان‌طور که در شکل (۴-۱۲) مشاهده می‌شود، نمودار حاصل به صورت یک خط مستقیم بوده و در تمامی نقاط آن شیب یکسانی مشاهده می‌شود که این امر نشانگر همگن بودن آمار بارندگی ایستگاه ترود نسبت به ایستگاه‌های اطراف می‌باشد.

ب- روش‌های غیر نموداری

روش‌های ترسیمی از این جهت که معیار کمی برای بیان حالت همگنی یا غیرهمگنی در آن‌ها وجود ندارد روش‌های کاملی به شمار نمی‌روند. روش ساده غیر نموداری که برای این منظور به کار برده می‌شود آزمون همگنی یا ران تست (Run test) می‌باشد. این روش هم بر اساس میانه داده‌ها و هم بر اساس میانگین داده‌ها امکان پذیر می‌باشد. برای این منظور ابتدا داده‌های هر ایستگاه بر اساس سال وقوع مرتب شده و سپس برای هر ایستگاه میانه یا میانگین داده‌ها بدست می‌آید. در روش مبتنی بر میانگین، از ابتدای لیست شروع به شمارش کرده و هر کدام از داده‌ها که از نظر مقدار بالاتر از میانگین بوده با علامت a و هر کدام را که پایین تر از مقدار میانگین بوده با علامت b مشخص می‌شوند. هم‌چنین تعداد

دنباله های a و b نیز شمارش شده و با علامت u مشخص می‌شوند. در ادامه این مراحل با در نظر گرفتن میانه داده‌ها نیز انجام می‌شود. داده‌های مربوط به آزمون همگنی بر اساس میانگین و داده‌های مربوط به آزمون همگنی بر اساس میانه برای ایستگاه‌های مورد استفاده به ترتیب در جداول (۷-۴) و (۸-۴) ارائه شده‌اند. پس از بدست آوردن مقادیر u برای هر ایستگاه به شکل (۴-۱۲) که مقادیر مجاز u برای تعداد a و b های مختلف در آن ترسیم شده است، رجوع می‌شود.

جدول ۷-۴- داده‌های مربوط به آزمون همگنی بر اساس میانگین

نام ایستگاه	میانگین بارندگی (mm)	تعداد a	تعداد b	u
رویان	109.3	11	14	9
ترود	83.8	11	14	15
بیارجمند	111.3	12	13	14
درجزین	123.5	15	10	8
صح	129.8	13	12	14
دوزهیر	150.5	12	13	13
سرخه	113.2	12	13	15
حسین آباد	78.1	15	10	9

جدول ۸-۴- داده‌های مربوط به آزمون همگنی بر اساس میانه

نام ایستگاه	میانه بارندگی (mm)	تعداد a	تعداد b	u
رویان	100	12	12	7
ترود	78	12	12	15
بیارجمند	111	12	12	14
درجزین	132	12	12	10
صح	134	12	12	12
دوزهیر	147	12	12	13
سرخه	119	12	12	15
حسین آباد	85	12	12	7

na یا nb (عدد بزرگتر)	na یا nb (عدد بزرگتر)															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2								2 6	2 6	2 6	2 6	2 6	2 6	2 6	2 6	2 6
3		2 8	2 8	2 8	2 8	2 8	2 8	2 8	2 8	2 8	3 8	3 8	3 8	3 8	3 8	3 8
4	2 9	2 9	2 10	3 10	3 10	3 10	3 10	3 10	3 10	3 10	3 10	4 10	4 10	4 10	4 10	4 10
5	2 10	3 10	3 11	3 11	3 12	3 12	4 12	4 12	4 12	4 12	4 12	4 12	4 12	5 12	5 12	5 12
6		3 11	3 12	3 12	4 13	4 13	4 13	4 13	5 14	5 14	5 14	5 14	5 14	5 14	6 14	6 14
7			3 13	4 13	4 14	5 14	5 14	5 14	5 15	5 15	6 15	6 16	6 16	6 16	6 16	6 16
8				4 14	5 14	5 15	5 15	6 16	6 16	6 16	6 16	6 17	7 17	7 17	7 17	7 17
9					5 15	5 16	6 16	6 16	6 17	7 17	7 18	7 18	7 18	8 18	8 18	8 18
10						6 16	6 17	7 17	7 18	7 18	7 18	8 19	8 19	8 19	8 20	9 20
11							7 17	7 18	7 19	8 19	8 19	8 20	9 20	9 20	9 21	9 21
12								7 19	8 19	8 20	8 20	9 21	9 21	9 21	10 22	10 22
13									8 20	9 20	9 21	9 21	10 22	10 22	10 23	10 23
14										9 21	9 22	10 22	10 23	10 23	11 23	11 24
15											10 22	10 23	11 23	11 24	11 24	12 25
16												11 23	11 24	11 25	12 25	13 25
17													11 25	12 25	12 26	13 26
18														12 26	13 26	13 27
19															13 27	13 27
20																14 28

شکل ۴-۱۲- مقادیر u مجاز برای مقادیر a و b های مختلف (علیزاده، ۱۳۸۱)

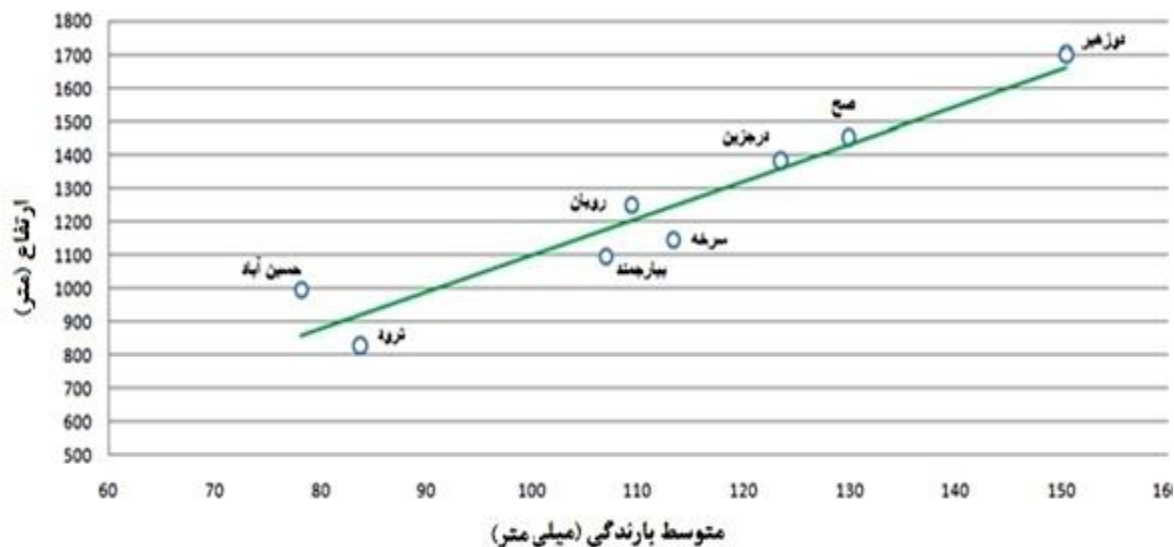
همان‌طور که مشاهده می‌شود در تمامی ایستگاه‌ها میزان u در حد مجاز می‌باشد. این امر نشانگر همگن بودن داده‌ها در تمامی ایستگاه‌ها می‌باشد. بنابراین داده‌های مورد استفاده همگی همگن بوده و ادامه مراحل ممکن می‌باشد. این آزمون در نرم‌افزار SPSS ۱۸ نیز بررسی شده و نتایج فوق را تأیید می‌کند.

۴-۳-۵- تعیین میانگین بارندگی سالیانه در منطقه با استفاده از رابطه بارندگی - ارتفاع

با توجه به نبود ایستگاه باران‌سنجی در منطقه مورد مطالعه برای برآورد متوسط بارندگی سالیانه حوضه‌های مورد مطالعه از آمار بارندگی ۲۵ ساله ایستگاه‌های اطراف استفاده کرده و با در نظر داشتن ارتفاع هر یک از این ایستگاه‌ها و متوسط بارندگی سالانه هر یک از آن‌ها، رابطه بین ارتفاع و بارندگی در منطقه ارائه شده است. برای این منظور ابتدا آمار بارندگی ۲۵ ساله ایستگاه‌های تروود، حسین‌آباد، بیارجمند، سرخه، رویان، درجزین، صخ و دوزهیر از ادارات هواشناسی و آب منطقه‌ای استان سمنان دریافت شده، جدول شماره (۴-۹) آمار بارندگی این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد، سپس با استفاده از اطلاعات مندرج در جدول مذکور، نمودار ارتفاع - بارندگی برای ایستگاه‌های منطقه ترسیم شده است. شکل شماره (۴-۱۳) نمودار ارتفاع - بارندگی منطقه را نشان می‌دهد. معادله (۴-۵) معادله نمودار حاصل را نشان می‌دهد. ضریب همبستگی این نمودار برابر با ۰/۹۰۷ می‌باشد.

$$y = 11.11x - 10.54$$

معادله (۴-۵)



شکل ۴-۱۳- نمودار ارتفاع- بارندگی ایستگاه‌های منطقه

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی سیلاب‌های ناحیه غرب ترود

جدول ۴-۹- آمار بارندگی در ایستگاه‌های مختلف مجاور منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه					
رویان		ترود		بیارجمند	
سال آبی	متوسط بارندگی سالیانه (mm)	سال آبی	متوسط بارندگی سالیانه (mm)	سال آبی	متوسط بارندگی سالیانه (mm)
1363-64	149.0	1363-64	53.8	1363-64	102.0
1364-65	134.5	1364-65	70.9	1364-65	129.5
1365-66	125.5	1365-66	112.3	1365-66	143.0
1366-67	160.6	1366-67	145.5	1366-67	96.3
1367-68	87.5	1367-68	29.5	1367-68	39.5
1368-69	92.0	1368-69	68.5	1368-69	111.2
1369-70	140.5	1369-70	111.5	1369-70	177.5
1370-71	199.5	1370-71	200.0	1370-71	86.9
1371-72	154.0	1371-72	135.0	1371-72	92.5
1372-73	63.5	1372-73	15.0	1372-73	95.0
1373-74	182.5	1373-74	112.5	1373-74	145.5
1374-75	136.5	1374-75	99.5	1374-75	210.3
1375-76	32.5	1375-76	32.0	1375-76	58.0
1376-77	85.0	1376-77	128.0	1376-77	130.6
1377-78	41.5	1377-78	52.5	1377-78	87.3
1378-79	71.5	1378-79	50.3	1378-79	55.9
1379-80	19.0	1379-80	106.7	1379-80	50.6
1380-81	80.0	1380-81	60.0	1380-81	157.2
1381-82	100.0	1381-82	84.0	1381-82	125.0
1382-83	88.5	1382-83	78.0	1382-83	101.4
1383-84	95.5	1383-84	76.0	1383-84	161.4
1384-85	81.5	1384-85	78.5	1384-85	126.5
1385-86	162.3	1385-86	93.5	1385-86	153.0
1386-87	105.0	1386-87	24.0	1386-87	24.3
1387-88	144.5	1387-88	78.0	1387-88	123.0

ادامه جدول ۴-۹- آمار بارندگی در ایستگاه‌های مختلف مجاور منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه					
درجزین		صح		دوزهیر	
سال آبی	متوسط بارندگی	سال آبی	متوسط بارندگی	سال آبی	متوسط بارندگی

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی سیلاب‌های ناحیه غرب تروود

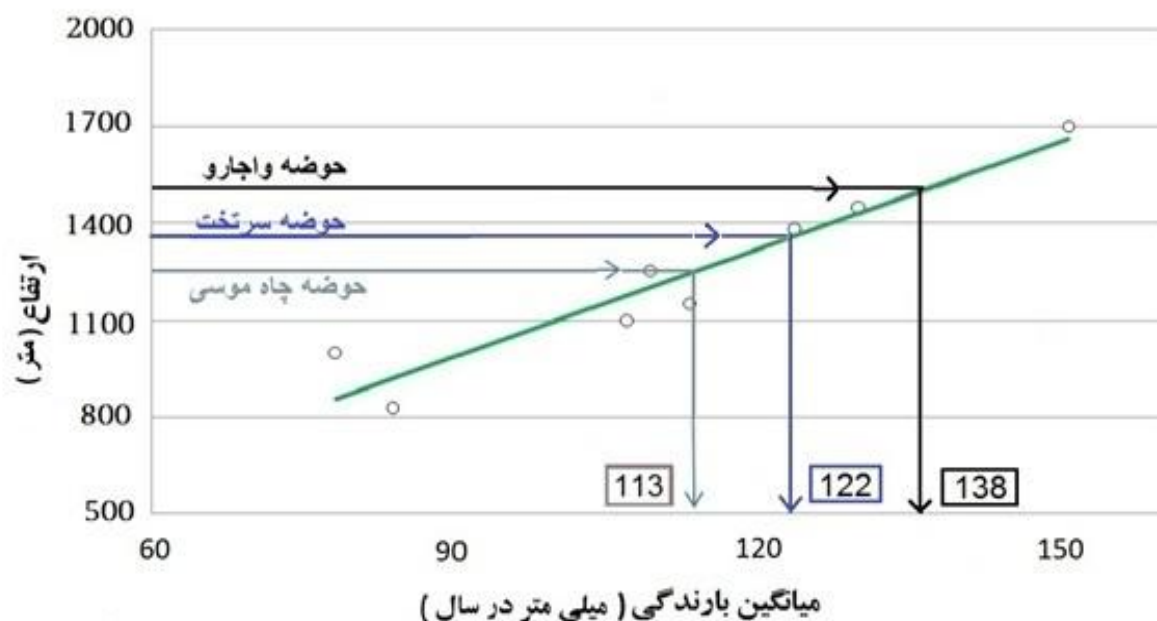
	سالیانه (mm)		سالیانه (mm)		سالیانه (mm)
1363-64	141.0	1363-64	75.0	1363-64	225.5
1364-65	135.0	1364-65	149.5	1364-65	175.0
1365-66	179.0	1365-66	135.0	1365-66	184.5
1366-67	186.0	1366-67	208.5	1366-67	236.0
1367-68	95.0	1367-68	108.0	1367-68	115.5
1368-69	78.0	1368-69	134.5	1368-69	123.0
1369-70	132.0	1369-70	188.0	1369-70	105.0
1370-71	137.0	1370-71	201.0	1370-71	208.5
1371-72	129.0	1371-72	134.0	1371-72	193.5
1372-73	102.0	1372-73	105.0	1372-73	160.0
1373-74	158.0	1373-74	137.0	1373-74	146.5
1374-75	149.0	1374-75	176.0	1374-75	226.5
1375-76	41.0	1375-76	49.0	1375-76	48.0
1376-77	35.5	1376-77	114.0	1376-77	154.0
1377-78	88.0	1377-78	84.0	1377-78	103.0
1378-79	110.8	1378-79	66.0	1378-79	94.0
1379-80	99.5	1379-80	67.0	1379-80	147.0
1380-81	183.5	1380-81	94.5	1380-81	135.5
1381-82	206.0	1381-82	153.0	1381-82	103.0
1382-83	166.0	1382-83	112.5	1382-83	173.0
1383-84	140.0	1383-84	136.5	1383-84	131.5
1384-85	127.0	1384-85	123.5	1384-85	116.5
1385-86	154.0	1385-86	209.0	1385-86	171.5
1386-87	28.0	1386-87	103.5	1386-87	132.0
1387-88	86.0	1387-88	182.0	1387-88	153.0

ادامه جدول ۴-۹- آمار بارندگی در ایستگاه‌های مختلف مجاور منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه			
سرخره		حسین آباد	
سال آبی	متوسط بارندگی سالیانه (mm)	سال آبی	متوسط بارندگی سالیانه (mm)
1363-64	119	1363-64	115.5
1364-65	76.0	1364-65	122.0
1365-66	84.5	1365-66	117.4
1366-67	176.5	1366-67	80.2
1367-68	94.5	1367-68	28.5

1368-69	70.5	1368-69	43.0
1369-70	132.0	1369-70	27.0
1370-71	96.0	1370-71	34.0
1371-72	121.5	1371-72	50.5
1372-73	97.0	1372-73	88.5
1373-74	86.5	1373-74	145.0
1374-75	155.5	1374-75	85.0
1375-76	35.5	1375-76	28.0
1376-77	173.0	1376-77	95.0
1377-78	119	1377-78	28.0
1378-79	68.0	1378-79	52.5
1379-80	130.5	1379-80	37.0
1380-81	132.0	1380-81	78.5
1381-82	162.0	1381-82	77.5
1382-83	109.0	1382-83	92.5
1383-84	132.0	1383-84	85.5
1384-85	119.0	1384-85	106.0
1385-86	202.3	1385-86	103.0
1386-87	49.0	1386-87	86.8
1387-88	89.0	1387-88	146.0

در ادامه برای بدست آوردن متوسط بارندگی هر حوضه، با در دست داشتن ارتفاع متوسط هر حوضه، از نمودار ارتفاع- بارندگی منطقه استفاده شده و متوسط بارندگی هر حوضه بدست آمده است. شکل (۴-۱۴) برآورد متوسط بارندگی هر حوضه با توجه به نمودار ارتفاع - بارندگی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، میانگین بارندگی سالیانه برای حوضه‌های چاه‌موسی، واجارو و سرتخت به ترتیب برابر با مقدار ۱۱۳، ۱۳۸ و ۱۲۲ میلی‌متر می‌باشد.



شکل ۴-۱۴- برآورد میانگین بارندگی هر حوضه با توجه به نمودار ارتفاع - بارندگی منطقه

۴-۳-۶- برآورد میانگین بارندگی در حوضه‌های مورد مطالعه برای دوره بازگشت‌های مختلف

در این مرحله با تاثیر نسبت متوسط بارندگی هر حوضه به متوسط بارندگی ایستگاه ترود، در بارندگی‌های پیش‌بینی شده با دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه ترود، میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف برای هر حوضه محاسبه می‌شود.

الف - حوضه چاه موسی

نسبت بین متوسط بارندگی این حوضه با متوسط بارندگی ایستگاه ترود برابر با $1/35$ می‌باشد. با تاثیر این نسبت در متوسط بارندگی‌های بدست آمده در ایستگاه ترود برای دوره بازگشت‌های مختلف، میزان بارندگی برای این حوضه در دوره بازگشت‌های مختلف بدست آورده شده، جدول (۴-۱۰) مقدار بارندگی برآورد شده در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه چاه موسی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۰- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف درحوضه چاه‌موسی

میزان بارندگی (میلی‌متر)	دوره بازگشت (سال)
106.4	۲
158.0	۵
189.6	۱۰
218.3	۲۰
227.1	۲۵
253.8	۵۰
279.5	۱۰۰

ب- حوضه واجارو

نسبت بین متوسط بارندگی این حوضه با متوسط بارندگی ایستگاه تروود برابر با $1/65$ می‌باشد. با در نظر گرفتن این نسبت میزان بارندگی برای این حوضه، مانند حوضه چاه‌موسی، در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است. مقادیر بارندگی برآورد شده در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه واجارو در جدول (۴-۱۱) ارائه شده‌اند.

جدول ۴-۱۱- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف درحوضه واجارو

میزان بارندگی (میلی‌متر)	دوره بازگشت (سال)
129.9	۲
193.1	۵
231.5	۱۰
266.6	۲۰
277.3	۲۵
309.9	۵۰

۱۰۰	341.4
-----	-------

ج- حوضه سرتخت

نسبت بین متوسط بارندگی این حوضه با متوسط بارندگی ایستگاه ترود برابر با $1/46$ می‌باشد. با در نظر گرفتن این نسبت میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف برای این حوضه مانند دو حوضه چاه‌موسی و واجارو محاسبه می‌شود. مقادیر بارندگی برآورد شده در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه سرتخت در جدول (۴-۱۲) ارائه شده‌اند.

جدول ۴-۱۲- میزان بارندگی در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه سرتخت

میزان بارندگی (میلی‌متر)	دوره بازگشت (سال)
114.9	۲
170.6	۵
204.7	۱۰
235.7	۲۰
245.2	۲۵
274.0	۵۰
301.8	۱۰۰

۴-۴- بررسی کمی سیلاب در منطقه ترود

در این مرحله با استفاده از روش منطقی و با در دست داشتن ضریب رواناب هر حوضه که با استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی آن، مانند ارتفاع متوسط، شیب، پوشش گیاهی و لیتولوژی، مشخص شده است، ارتفاع رواناب و به دنبال آن، با در نظر گرفتن مساحت حوضه، حجم رواناب برای هر حوضه در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه شده است.

۴-۴-۱- ضریب رواناب

در روش استدلالی برای بدست آوردن ارتفاع رواناب هر حوضه، ضریب رواناب هر حوضه مورد نیاز می‌باشد. هر چند برای تعیین این ضریب از جداولی مانند جدول (۴-۱۳) به عنوان راهنما استفاده می‌شود؛ ولی قضاوت شخصی طراح در این زمینه نقش بسیار موثر و تعیین‌کننده‌ای دارد.

جدول ۴-۱۳- ضریب رواناب در فرمول استدلالی (علیزاده ۱۳۸۱)

نوع حوضه آبریز	ضریب رواناب (c)
خاک‌های شنی با شیب کم	۰/۰۵
خاک‌های شنی با شیب متوسط	۰/۱ - ۰/۱۵
خاک‌های شنی با شیب خیلی زیاد	۰/۱۵ - ۰/۲۰
خاک‌های رسی با شیب کم	۰/۱۳ - ۰/۱۷
خاک‌های رسی با شیب متوسط	۰/۱۵ - ۰/۲۲
خاک‌های رسی با شیب زیاد	۰/۲۰ - ۰/۳۰

حوضه‌های منطقه مورد مطالعه با توجه به شیب‌های مختلف و پوشش گیاهی به چند بخش تقسیم شده است و برای هر بخش با توجه به جدول (۴-۱۳) مقادیر ضریب رواناب بدست آمده و سپس با استفاده از مساحت آن منطقه و ضریب رواناب آن میانگین وزنی ضریب رواناب حساب شده است. نتایج نهایی در جدول (۴-۱۴) ارائه شده است.

جدول ۴-۱۴- ضریب رواناب برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

نام حوضه آبریز	ضریب رواناب (c)
حوضه چاه‌موسی	۰/۱۱
حوضه واجارو	۰/۳۰
حوضه سرتخت	۰/۱۷

۴-۴-۲- حوضه چاه‌موسی

برای محاسبه حجم رواناب در یک حوضه به ضریب رواناب آن نیاز داریم. این ضریب با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی هر حوضه مانند شیب، پوشش گیاهی، لیتولوژی و نوع بارندگی آن مشخص می‌شود. در حوضه چاه‌موسی، با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی آن، مانند نوع بارندگی که از نوع سیلابی می‌باشد و شیب متوسط حوضه که برابر با $6/3\%$ محاسبه شده، ریخت‌شناسی آن و جنس بستر حوضه که در مناطق کوهستانی از نوع آندزیت و در مناطق پست از نوع آبرفت دانه درشت می‌باشد، ضریب رواناب برابر با $0/11$ در نظر گرفته شد. در ادامه با در دست داشتن ضریب رواناب، با استفاده از روش منطقی، ارتفاع رواناب و به دنبال آن، با توجه به مساحت حوضه که با استفاده از روش دوزنفه‌ای برابر با 73 کیلومتر مربع برآورد شده است، حجم رواناب برای هر دوره بازگشت محاسبه می‌شود. معادلات این روش در معادله‌های (۴-۶) و (۴-۷) آورده شده است. مقادیر ارتفاع رواناب و حجم رواناب برآورد شده برای دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه چاه‌موسی در جدول (۴-۱۵) درج شده است.

$$h_{ex} = C P \quad \text{معادله (۴-۶)}$$

در این رابطه که برای برآورد ارتفاع رواناب حوضه ارائه شده است، h ارتفاع رواناب سالیانه، P میزان بارندگی و C ضریب رواناب می‌باشد.

$$V = h_{ex} A \quad \text{معادله (۴-۷)}$$

در این معادله که برای برآورد حجم رواناب ارائه شده است، V حجم رواناب، h_{ex} ارتفاع رواناب و A مساحت حوضه می‌باشند.

جدول ۴-۱۵ - مقادیر ارتفاع رواناب و حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه چاه‌موسی

دوره بازگشت (سال)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	حجم رواناب (میلیون متر مکعب)
۲	11.7	0.857
۵	17.4	1.272
۱۰	20.9	1.527
۲۰	24.0	1.758
۲۵	25.0	1.828
۵۰	27.9	2.043
۱۰۰	30.7	2.251

۴-۳-۴ - حوضه واجارو

با توجه به خصوصیات فیزیوگرافی آن، مانند شیب بالای حوضه، جنس سنگ بستر آن که از نوع آندزیت می‌باشد، ریخت‌شناسی آن که شامل دره باریک با شیب دامنه بالا می‌باشد و همین طور نوع بارندگی، مقدار ضریب رواناب آن برابر با ۰/۳۰ در نظر گرفته شد. در ادامه مانند حوضه چاه‌موسی، با در دست داشتن ضریب رواناب، با استفاده از روش منطقی ارتفاع رواناب و به دنبال آن، با توجه به مساحت حوضه که با استفاده از روش دوزنقه‌ای برابر با ۴۲ کیلومتر مربع برآورد شده است، حجم رواناب را برای هر دوره بازگشت بدست می‌آوریم. جدول (۴-۱۶) مقادیر ارتفاع رواناب و حجم رواناب برآورد شده برای دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه واجارو را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۶ - مقادیر ارتفاع رواناب و حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه واجارو

دوره بازگشت (سال)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	حجم رواناب (میلیون متر مکعب)
۲	39.0	1.637
۵	57.9	2.432
۱۰	69.4	2.917

۲۰	80.0	3.359
۲۵	83.2	3.494
۵۰	93.0	3.905
۱۰۰	102.4	4.301

۴-۴-۴- حوضه سرتخت

باتوجه به خصوصیات فیزیوگرافی آن، از قبیل شیب متوسط حوضه، نوع بارندگی، جنس سنگ آن که در مناطق کوهستانی از نوع آندزیت و در مناطق پست جنوب شرقی از نوع آبرفت دانه درشت می‌باشد و ریخت‌شناسی حوضه که در مناطق جنوب شرق به صورت پست و هموار بوده و در مناطق شمال غرب به صورت کوهستانی می‌باشد، ضریب رواناب برابر با ۰/۱۷ در نظر گرفته شد. برای بدست آوردن حجم سیلاب در این حوضه نیز مانند حوضه چاه‌موسی و واجارو عمل کرده و با استفاده از مقادیر ضریب رواناب و مساحت حوضه که برابر با ۲۰ کیلومتر مربع می‌باشد، میزان حجم رواناب آن در دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شده است. جدول (۴-۱۷) مقادیر ارتفاع رواناب و حجم رواناب برآورد شده در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوضه سرتخت را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۷- مقادیر ارتفاع رواناب و حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه سرتخت

دوره بازگشت (سال)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	حجم رواناب (میلیون متر مکعب)
۲	19.5	0.386
۵	29.0	0.574
۱۰	34.8	0.689
۲۰	40.1	0.793
۲۵	41.7	0.825
۵۰	46.6	0.922
۱۰۰	51.3	1.016

۴-۵- بررسی کیفی سیلاب در منطقه ترود

در این مرحله به منظور مقایسه کیفیت آب زیرزمینی منطقه و سیلاب‌های حوضه‌های آن و ارائه راهکار مدیریتی مناسب هر حوضه، اقدام به بررسی کیفی نمونه آب‌های برداشت شده از دو قنات ترود و چاه‌موسی و سیلاب‌های حوضه‌های چاه‌موسی و واجارو و رسم نمودارهای پایپر، استیف و ویلکاکس برای هر نمونه آب شده است.

۴-۵-۱- نمونه‌برداری از قنات اصلی روستای ترود و سیلاب‌های منطقه در چند نوبت

برای این منظور در طی دو مرحله از قنات اصلی روستای ترود در تاریخ‌های خرداد و اسفند سال ۱۳۸۸ نمونه‌برداری انجام شده است. همچنین برای در دست داشتن اطلاعات بیشتر، در تاریخ مرداد سال ۱۳۸۹ از قنات منطقه چاه‌موسی نیز نمونه‌گیری به عمل آمده است. برای مقایسه کیفیت آب زیرزمینی منطقه با سیلاب‌های آن، در طی دو مرحله در تاریخ‌های اسفند سال ۱۳۸۸ و فروردین ۱۳۸۹ به ترتیب از سیلاب‌های دو حوضه چاه‌موسی و واجارو نیز نمونه‌برداری انجام شده است. لازم به ذکر است که نمونه سیلاب‌های برداشت شده در محل حوضه نبوده و پس از طی مسافت حدود ۱۰ الی ۱۵ کیلومتر از خروجی حوضه برداشت شده‌اند.

۴-۵-۲- آنالیز آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی آب قنات و نمونه‌های سیلاب منطقه

در این مرحله نمونه آب‌های منطقه جهت اندازه‌گیری مقدار هدایت الکتریکی و تعیین مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی به آزمایشگاه پارک علم و فناوری شهرستان شاهرود فرستاده شده است. نتایج حاصل در جدول (۴-۱۸) به صورت میلی‌گرم در لیتر و در جدول (۴-۱۹) به صورت میلی‌اکی‌والانت در لیتر آورده شده است.

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی سیلاب‌های ناحیه غرب ترود

جدول ۴-۱۸- نتایج آنالیز نمونه آب‌های قنات و سیلاب منطقه (مقادیر یون‌ها بر حسب میلی‌گرم در لیتر می‌باشند)

سیلاب حوضه واجارو	سیلاب حوضه چاه موسی	قنات چاه موسی	قنات ترود (۲)	قنات ترود (۱)	
1389/1	1388/12	1389/6/6	1388/12/14	1388/3/20	تاریخ نمونه‌برداری
375.0	488.0	1872.0	6020.0	5980.0	هدایت الکتریکی ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
0.5	1.6	4.5	9.6	8.8	پتاسیم (mg/l)
52.0	69.0	266.0	720.0	732.0	سدیم (mg/l)
4.5	3.6	22.0	58.0	68.0	منیزیم (mg/l)
54.0	62.0	120.0	415.0	435.0	کلسیم (mg/l)
133.0	177.0	274.0	1085.0	1075.0	سولفات (mg/l)
51.0	72.0	358.0	1090.0	1040.0	کلر (mg/l)
59.0	68.0	145.0	192.0	188.0	بی‌کربنات (mg/l)
1.8	1.2	8.0	16.4	15.6	نیتрат (mg/l)
۲/۷	۶/۴	۶/۵	۰/۶	۹/۷	خطای آزمایش %

جدول ۴-۱۹- نتایج آنالیز نمونه آب‌های قنات و سیلاب منطقه (مقادیر یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والانت در لیتر می‌باشند)

سیلاب حوضه واجارو	سیلاب حوضه چاه موسی	قنات چاه موسی	قنات ترود (۲)	قنات ترود (۱)	
1389/1	1388/12	1389/6/6	1388/12/14	1388/3/20	تاریخ نمونه‌برداری
0.01	0.04	0.11	0.24	0.22	پتاسیم (meq/l)
2.26	3.00	11.56	31.30	31.83	سدیم (meq/l)
0.37	0.30	1.81	4.77	5.60	منیزیم (meq/l)
2.7	3.10	6.00	20.75	21.75	کلسیم (meq/l)

سولفات (meq/l)	22.40	22.60	5.71	3.69	2.77
کلر (meq/l)	29.30	30.70	10.08	2.03	1.44
بی‌کربنات (meq/l)	3.08	3.15	2.38	1.11	0.97
نیتрат (meq/l)	0.25	0.26	0.13	0.02	0.03

۴-۵-۳- بررسی مقادیر پارامترهای محاسبه شده

علاوه بر میزان هدایت الکتریکی که در جدول ذکر شده است، سایر پارامترهای کیفیت آب، از قبیل کل مواد جامد محلول (TDS)، سختی کل (Total Hardness)، درصد سدیم محلول (SSP) و درصد جذب سدیم (SAR)، با توجه به غلظت یون‌های اصلی، برای تمام نمونه‌ها محاسبه شده‌اند.

الف- هدایت الکتریکی

این خصوصیت معرف قدرت یونی یک حلال برای انتقال جریان برق است. چون در محلول‌ها، یون‌ها جریان برق را منتقل می‌کنند از این رو این پارامتر با کل املاح محلول آب رابطه مستقیم دارد. البته در زمانی که غلظت ناخالصی‌ها زیاد می‌شود، ($TDS > 1000 \text{ mg/l}$)، یون‌ها روی حرکت یکدیگر اثر منفی گذاشته و هدایت الکتریکی محلول همانند محلول رقیق متناسب با تعداد یون‌ها نیست و رابطه بین TDS و EC در هر نمونه متفاوت است.

میزان EC به ترتیب در قنات تروود (۱)، قنات تروود (۲)، قنات چاه‌موسی، سیلاب حوضه چاه‌موسی و سیلاب حوضه واجارو برابر با ۵۹۸۰، ۶۰۲۰، ۱۸۷۲، ۴۸۸ و ۳۷۵ میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد. این امر نشانگر میزان شوری بیشتر آب‌های زیرزمینی منطقه به ویژه آب قنات اصلی روستای تروود، در مقایسه با سیلاب آن می‌باشد. شوری آب از یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب برای مصارف کشاورزی و

شرب می‌باشد. هر قدر میزان شوری آب بیشتر باشد جذب آب توسط ریشه گیاه دشوارتر انجام می‌شود تا جایی که پس از مدتی جذب آب توسط گیاه با مشکل مواجه می‌شود. بنابراین آب سیلاب منطقه در برابر آب زیرزمینی آن کیفیت بهتری برای مصارف کشاورزی دارا می‌باشد.

ب- کل مواد جامد محلول در آب

کل مواد جامد محلول در آب عبارت است از مجموع مقادیر تمام کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی برحسب میلی‌گرم در لیتر. این پارامتر برای ۵ نمونه آب آنالیز شده مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به ترتیب میزان آن برای دو نمونه آب قنات روستای ترود در تاریخ‌های خرداد ماه سال ۱۳۸۸ و اسفند ماه سال ۱۳۸۸ برابر با ۳۵۴۷ و ۳۵۷۰ میلی‌گرم در لیتر، در نمونه آب قنات چاه‌موسی که در تاریخ شهریور سال ۱۳۸۹ برداشت شده، برابر با ۱۱۹۰ میلی‌گرم در لیتر، در نمونه آب سیلاب حوضه چاه‌موسی که در تاریخ اسفند سال ۱۳۸۸ برداشت شده برابر با ۴۵۳ میلی‌گرم در لیتر و در نمونه آب سیلاب حوضه واجارو که در تاریخ فروردین سال ۱۳۸۹ برداشت شده برابر با ۳۵۴ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

ج- سختی کل

سختی آب به غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم وابسته می‌باشد و معمولاً واحد آن میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم می‌باشد. سختی آب به دو گروه تقسیم می‌شود، سختی کربناته و سختی غیرکربناته. سختی غیرکربناته به آن قسمت از کلسیم و منیزیم گفته می‌شود که با آنیون‌های کربنات و بی‌کربنات ترکیب می‌شوند. سختی غیرکربناته به آن قسمت از یون‌های کلسیم و منیزیم گفته می‌شود که با آنیون‌های غیر از کربنات و بی‌کربنات ترکیب شده باشد. معمولاً در مطالعه سختی آب این دو نوع سختی از یکدیگر تفکیک نشده و به صورت مجموع محاسبه شده و از آن‌ها به عنوان سختی کل یاد می‌شود.

برای محاسبه میزان سختی از معادله زیر استفاده می‌شود.

$$\text{TH} = 2.5 \text{ Ca} + 4.1 \text{ Mg} \quad \text{معادله (۴-۸)}$$

Mg

بر این اساس میزان سختی کل برای نمونه آب قنات تروود در تاریخ خرداد ماه سال ۱۳۸۸ برابر با ۱۳۶۶ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم، برای نمونه آب قنات تروود در تاریخ اسفند ماه سال ۱۳۸۸ برابر با ۱۲۷۵ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم، برای نمونه آب قنات چاه‌موسی برابر با ۳۹۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم، برای نمونه آب سیلاب حوضه چاه‌موسی برابر با ۱۷۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم و برای سیلاب حوضه واجارو برابر با ۱۵۳ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم می‌باشد.

برای تعیین نوع آب بر اساس سختی از طبقه‌بندی رایج (Todd ۱۹۸۰) استفاده می‌شود. بر اساس این طبقه‌بندی آب‌ها بر اساس سختی کل به ۴ گروه نرم، نسبتاً سخت، سخت و خیلی سخت تقسیم می‌شوند.

جدول (۴-۲۰) طبقه‌بندی آب‌ها بر اساس سختی کل را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲۰- طبقه بندی آب‌ها بر اساس سختی کل (Todd ۱۹۸۰)

گروه	۴	۳	۲	۱
میزان سختی آب	بیشتر از ۳۰۰	۱۵۰-۳۰۰	۷۵-۱۵۰	کمتر از ۷۵
نوع آب	خیلی سخت	سخت	نسبتاً سخت	نرم

بر اساس این طبقه‌بندی هر سه نمونه آب قنات (ترود (۱) و (۲) و قنات چاه‌موسی)، در گروه آب‌های بسیار سخت، نمونه آب‌های سیلاب حوضه چاه‌موسی و سیلاب حوضه واجارو در گروه آب‌های سخت قرار می‌گیرند، البته می‌توان بیان کرد که نمونه آب سیلاب حوضه واجارو تقریباً در مرز آب‌های سخت و نسبتاً سخت قرار گرفته است.

د- درصد سدیم محلول

یکی از مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی میزان سدیم موجود در آب می‌باشد. این پارامتر را می‌توان با معیار درصد سدیم محلول و یا نسبت جذبی سدیم مورد بررسی قرار داد. درصد سدیم محلول با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$SSP = \frac{Na}{Ca+Mg+Na+K} \times 100 \quad \text{معادله (۹-۴)}$$

کلیه مقادیر کاتیون‌ها در معادله فوق برحسب میلی‌اکی‌والانت در لیتر می‌باشد.

میزان SSP برای نمونه آب قنات ترود (۱) و (۲) به ترتیب برابر با ۵۴ و ۵۵، برای نمونه آب قنات چاه‌موسی برابر با ۵۹ و برای نمونه سیلاب‌های حوضه چاه‌موسی و حوضه واجارو به ترتیب برابر با ۴۷ و ۴۳ می‌باشد.

آب‌ها از نظر میزان سدیم محلول در آب به ۵ گروه زیر تقسیم می‌شوند، جدول (۴-۲۱) تقسیم‌بندی آب‌ها از نظر میزان SSP را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۲۱- تقسیم‌بندی آب‌ها از نظر SSP (علیزاده ۱۳۸۱)

SSP	کمتر از ۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰	بیشتر از ۸۰

نوع آب	عالی	خوب	قابل قبول	مشکوک	بد
--------	------	-----	-----------	-------	----

بر این اساس تمامی نمونه آب‌ها در گروه آب‌های قابل قبول قرار می‌گیرند.

۵- نسبت جذبی سدیم

از دیگر معیارهای بررسی میزان سدیم آب نسبت جذبی سدیم (SAR)، می‌باشد. این پارامتر با معادله زیر محاسبه می‌شود.

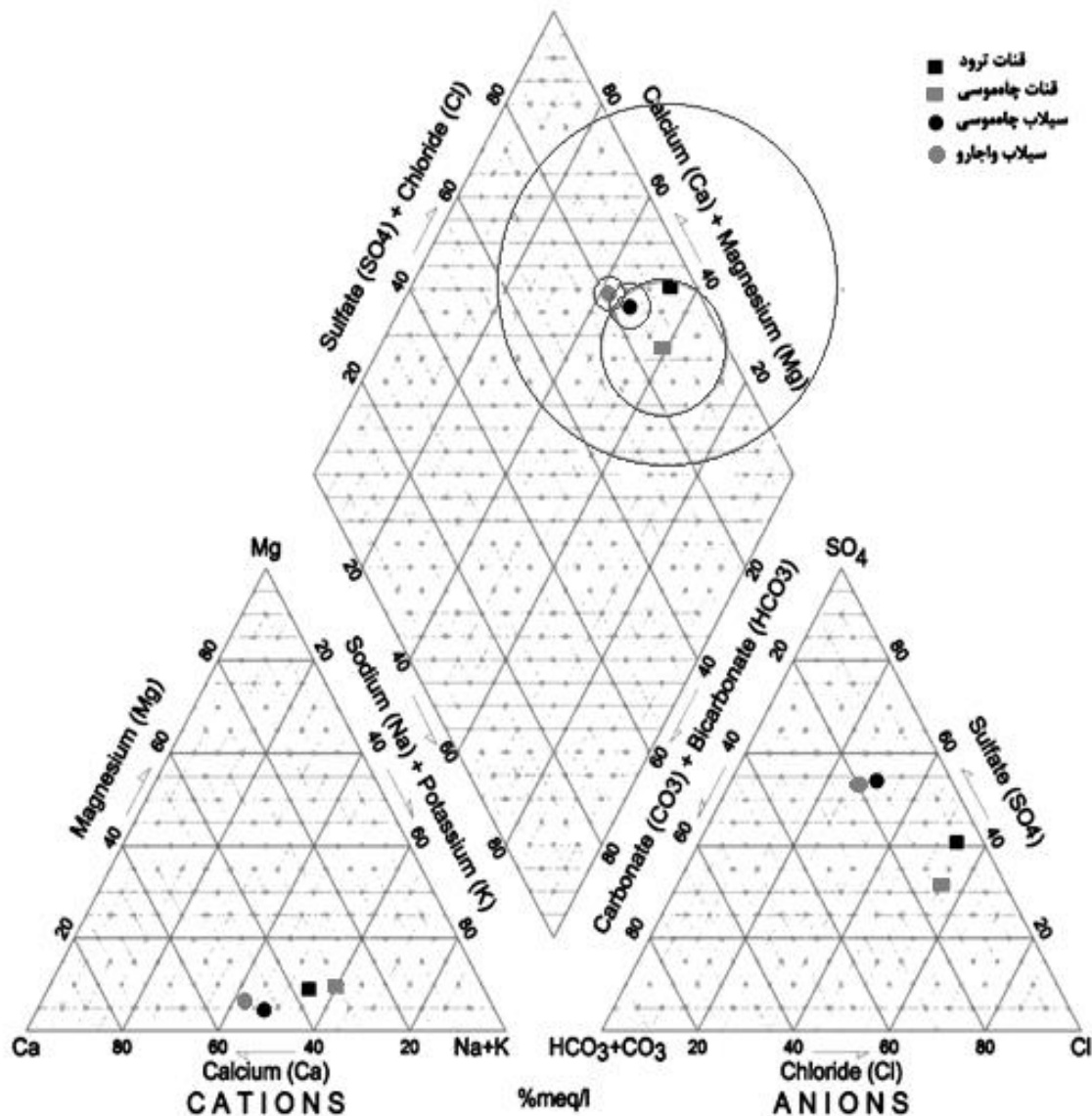
$$SAR = \frac{Na}{\frac{\sqrt{Ca+Mg}}{2}} \quad \text{معادله (۴-۱۰)}$$

کلید مقادیر کاتیون‌ها در معادله فوق برحسب میلی‌اکی‌والانت در لیتر می‌باشد.

بر اساس این معادله، میزان نسبت جذب سدیم در نمونه آب قنات ترود (۱) و (۲) به ترتیب برابر با ۸/۶ و ۸/۸، نمونه آب قنات چاه‌موسی برابر با ۵/۸ و برای نمونه آب سیلاب‌های حوضه‌های چاه‌موسی و واجارو به ترتیب برابر با ۲/۳ و ۱/۸ می‌باشد. ملاحظه می‌شود که همانند با درصد سدیم محلول، مقدار نسبت جذب سدیم در آب‌های سیلاب‌های منطقه، نسبت به قنات‌های آن، به ویژه قنات ترود، در سطح پایین‌تری می‌باشد که این امر کیفیت بهتر آب سیلاب منطقه را در برابر آب زیرزمینی آن نشان می‌دهد.

۴-۵-۳- بررسی زون‌های غالب یونی در آب‌های منطقه

یکی از کاربردی‌ترین نمودارهایی که جهت بررسی تیپ آب مورد استفاده قرار می‌گیرد نمودار پایپر می‌باشد. شباهت‌ها و تفاوت‌های نمونه‌ها از طریق این نمودار به خوبی مشخص می‌شود زیرا نمونه‌هایی که دارای خصوصیات مشابه هستند به صورت گروهی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. همچنین از این نمودار جهت تعیین تیپ آب، انحلال یا رسوب‌گذاری، اختلاط بین دو نوع آب و تبادل یونی استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۴-۱۵) مشاهده می‌شود آب سیلاب حوضه‌های چاه‌موسی و واجارو دارای میزان بیشتری کلسیم و آب قنات ترود و چاه‌موسی دارای مقدار بیشتری سدیم و پتاسیم می‌باشد. به طور کلی آب‌های این منطقه از نظر مقدار بی‌کربنات و منیزیم فقیر بوده، میزان کلر در همه نمونه‌ها به ویژه در آب قنات‌ها زیاد بوده و سایر ترکیبات به صورت تقریباً برابر در آن‌ها یافت می‌شود.



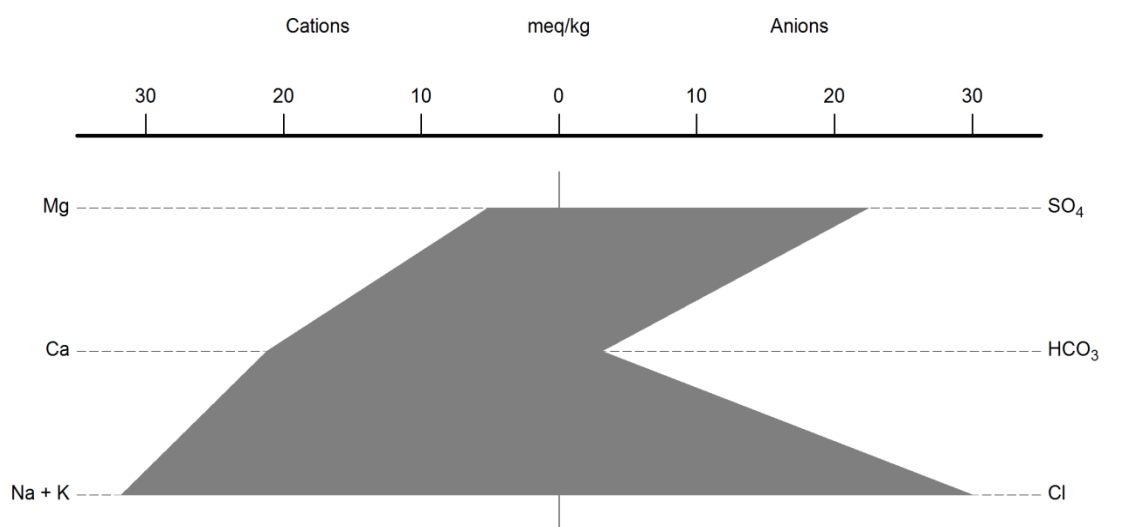
شکل ۴-۱۵- نمودار پایپر آب‌های منطقه

۴-۵-۴- بررسی تیپ آب‌های منطقه

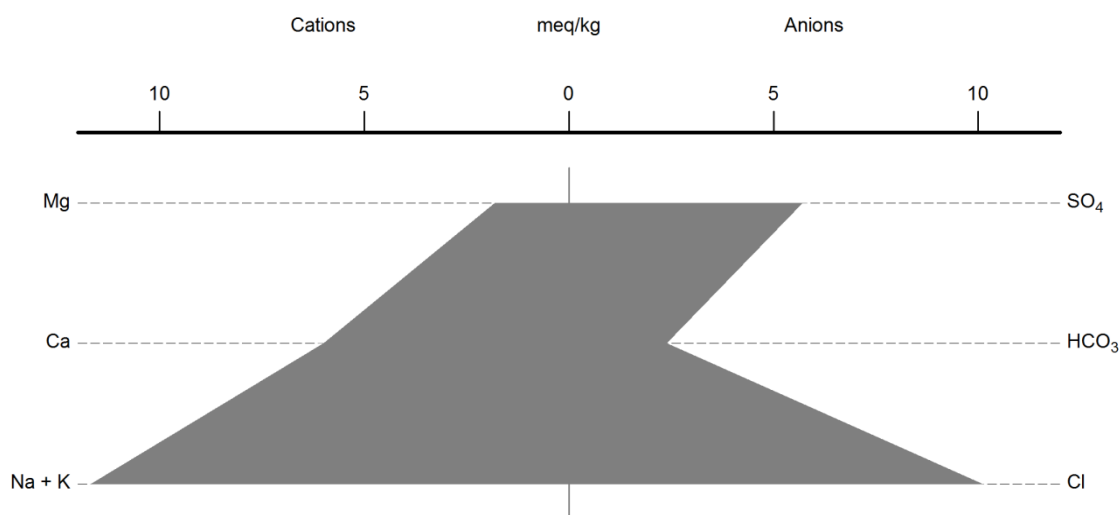
استفاده از دیاگرام استیف یکی از بهترین روش‌ها جهت تعیین تیپ نمونه‌های آب می‌باشد. اندازه و شکل حاصل از این نمودار، تقریباً متناسب با کل محتوی یونی است. همچنین از این نمودار برای تشخیص سنگ منشاهای مختلف نیز استفاده می‌شود. شکل‌های (۴-۱۶)، (۴-۱۷)، (۴-۱۸) و (۴-۱۹) به ترتیب

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی سیلاب‌های ناحیه غرب ترود

نمودارهای استیف رسم شده برای نمونه آب‌های قنات ترود، قنات چاه‌موسی، سیلاب حوضه چاه‌موسی و سیلاب حوضه واجارو را نشان می‌دهند. همان‌طور که از شکل پیداست در نمونه آب‌های قنات ترود و چاه‌موسی، کاتیون غالب سدیم و آنیون غالب کلر می‌باشد. این روند در نمونه آب سیلاب حوضه‌ها تغییر کرده بدین صورت که آنیون اصلی در هر دو نمونه آب سیلاب، سولفات و کاتیون اصلی در سیلاب حوضه واجارو کلسیم و در سیلاب حوضه چاه‌موسی کلسیم و سدیم می‌باشد.

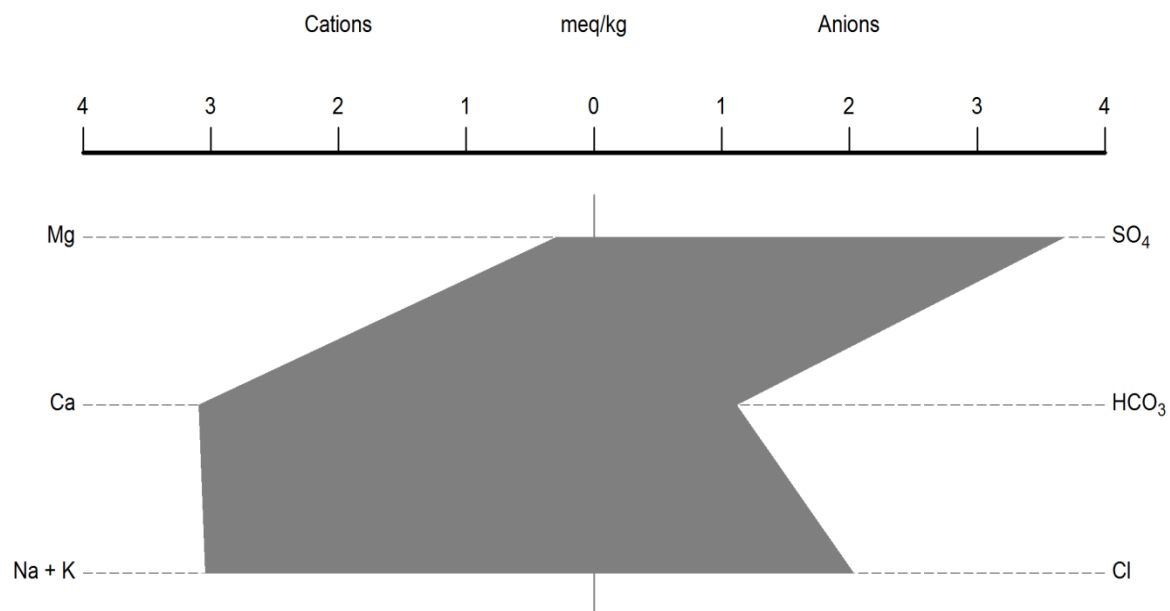


شکل ۴-۱۶- نمودار استیف نمونه آب قنات اصلی ترود

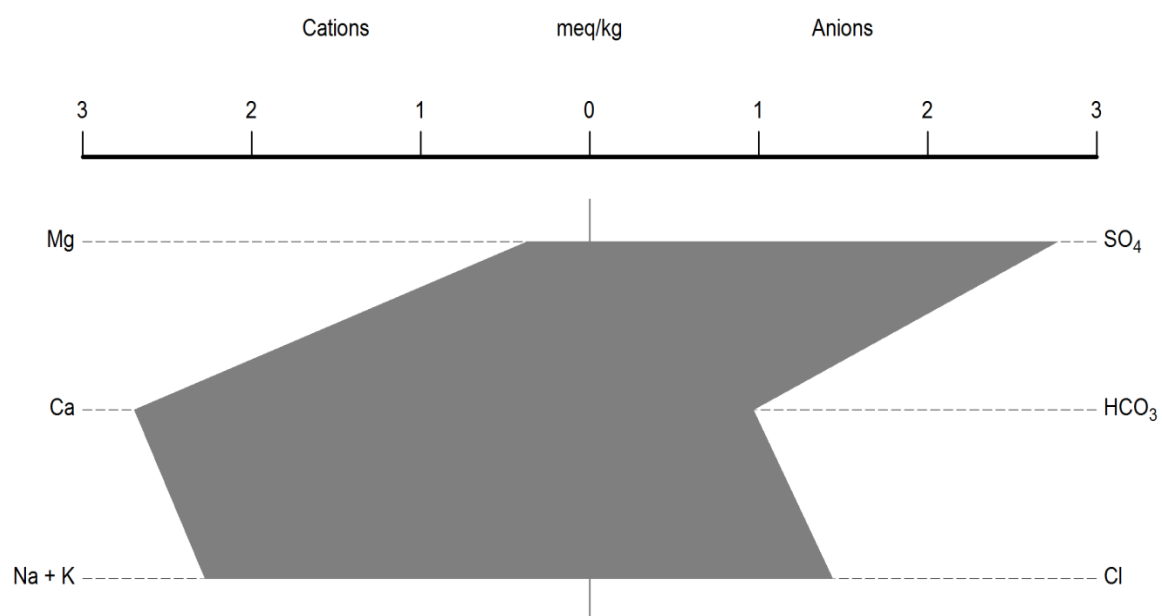


شکل ۴-۱۷- نمودار استیف نمونه آب قنات چاه‌موسی

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل کمی و کیفی سیلاب‌های ناحیه غرب ترود



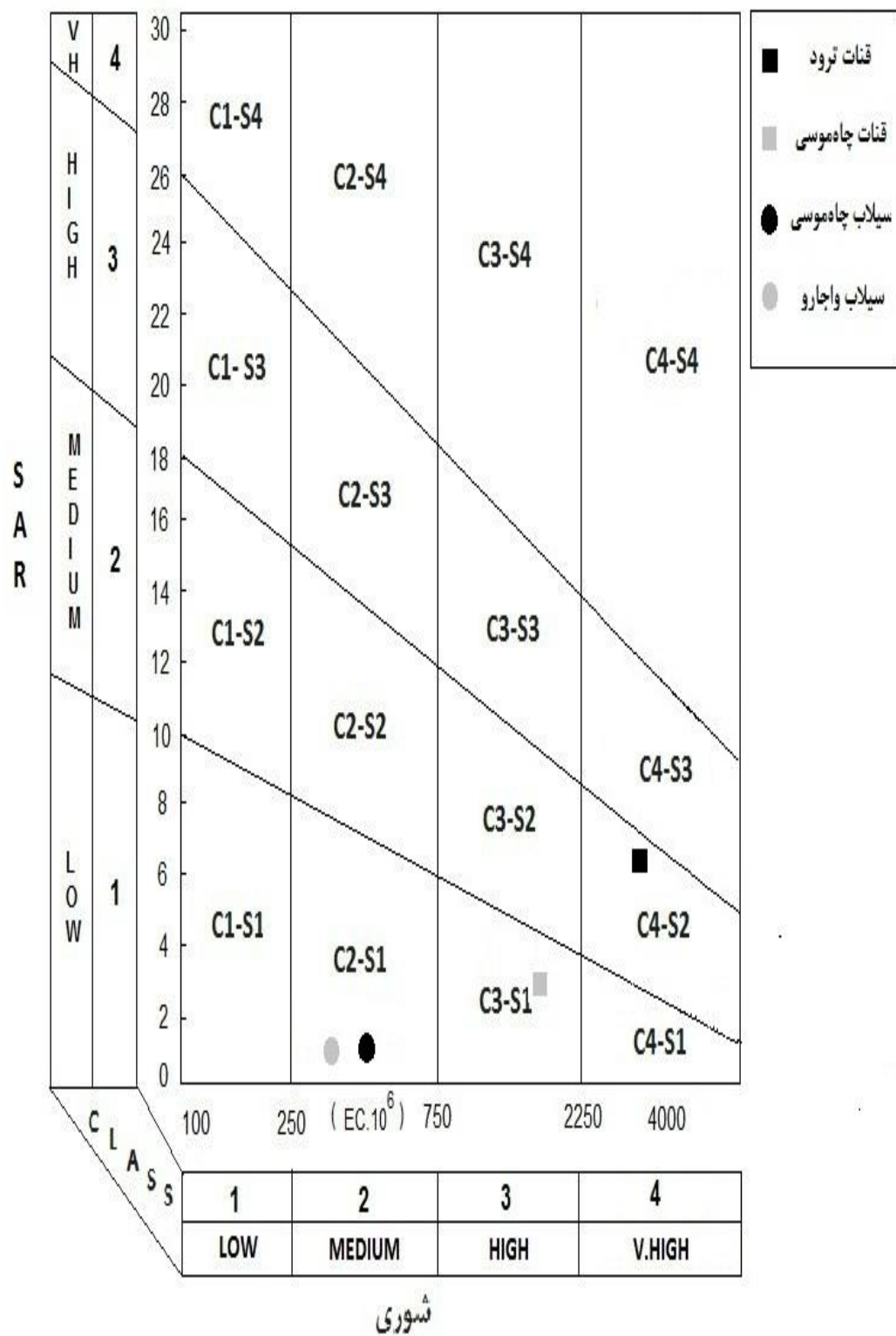
شکل ۴-۱۸- نمودار استیف نمونه آب سیلاب حوضه چاه‌موسی



شکل ۴-۱۹- نمودار استیف نمونه آب سیلاب حوضه واجارو

۴-۵-۵- بررسی کیفیت آب‌های منطقه از نظر کشاورزی

مهم‌ترین معیار طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی شوری و مقدار سدیم موجود در آن می‌باشد. زیرا این دو نه تنها بر رشد گیاه موثرند بلکه درجه تناسب آب را از نظر آبیاری و تاثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌سازند. در شکل (۴-۲۰) نمودار ویلکاکس ترسیم شده برای نمونه آب‌های قنات ترود و چاه‌موسی و همین‌طور سیلاب حوضه‌های چاه‌موسی و واجارو نشان داده شده است. در این نمودار آب آبیاری بر اساس دو معیار SAR (درصد جذب سدیم) و هدایت الکتریکی ویژه به ۱۶ رده تقسیم می‌شود. بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس، آب‌های خیلی خوب همگی دارای EC کمتر از ۲۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر بوده و در گروه $C_1 S_1$ قرار می‌گیرند، آب‌های خوب در گروه $C_1 S_2$ ، $C_2 S_1$ ، $C_2 S_2$ ، آب‌های متوسط در کلاس $C_3 S_1$ ، $C_3 S_2$ ، $C_3 S_3$ ، $C_4 S_1$ قرار گرفته و بقیه آب‌ها نامناسبند. با توجه به نمودار ویلکاکس ترسیم شده نتیجه گرفته می‌شود که آب قنات منطقه ترود در رده $C_4 S_2$ ، قنات چاه‌موسی در رده $C_3 S_1$ و آب سیلاب حوضه‌های چاه‌موسی و واجارو هر دو در رده $C_2 S_1$ قرار می‌گیرند. این امر به طور واضح برتری و کیفیت بهتر سیلاب‌های منطقه را برای آبیاری در برابر آب زیرزمینی منطقه نشان می‌دهد. البته این نکته نیز حائز اهمیت است که نمونه‌برداری از سیلاب‌ها در فاصله بیشتری از حوضه انجام گرفته که خود باعث بالاتر رفتن هدایت الکتریکی آنها شده و مسلماً در صورت نمونه‌برداری از سیلاب درون حوضه، کیفیت بهتر از این حالت را نشان خواهد داد. جدول (۴-۲۲) توصیف مربوط به رده‌های نمودار ویلکاکس را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲۰- نمودار ویلکاکس آب‌های منطقه

جدول ۴-۲۲- توصیف رده‌های نمودار ویلکاکس

آب با شوری کم، برای بیشتر محصولات و در اغلب خاک‌ها با احتمال این که مشکلات شوری گسترش نمی‌یابد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. تحت شرایط معمول آبیاری قدری آبشویی لازم است بجز در خاک‌هایی که دارای نفوذپذیری بسیار کم هستند.	رده C _۱
آب با شوری متوسط را می‌توان همراه کمی آبشویی به کار برد. گیاهان با تحمل متوسط نمک را می‌توان در بیشتر موارد بدون هیچ‌گونه عملیات خاص جهت کنترل نمک کشت نمود.	رده C _۲
آب با شوری زیاد، در زمین‌هایی که دارای زهکش محدود هستند نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. حتی با زهکش مناسب مدیریت خاص برای کنترل شوری لازم است و گیاهانی که قدرت تحمل مناسبی دارند باید انتخاب شوند.	رده C _۳
آب با شوری بسیار بالا، برای آبیاری تحت شرایط معمولی مناسب نیستند، اما در شرایط بسیار خاص ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. خاک در این حالت باید نفوذپذیر باشد، زهکش مناسب داشته باشد، آب باید به مقدار زیادی برای رسیدن به آبشویی مطلوب به کار رود و گیاهان بسیار مقاوم به شوری انتخاب شوند.	رده C _۴
آب دارای سدیم کم است و کم و بیش برای آبیاری تمام خاک‌ها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. پیشرفت خطر ناشی از سدیم در این حالت کم است ولی محصولات حساس به سدیم مانند درختان میوه هسته‌دار و آووکادو احتمال دارد مقادیری از سدیم را در برگ‌ها جمع کنند که این می‌تواند زیان‌آور باشد.	رده S _۱
آب حاوی مقدار متوسط سدیم، احتمال دارد مسئله سدیم را در خاک‌های رسی تا حدی داشته باشیم؛ مگر این که در خاک گچ وجود داشته باشد. این آب را می‌توان در خاک‌های شنی یا خاک‌های آلی که به خوبی آب را جذب می‌کنند مصرف کرد.	رده S _۲
آب حاوی سدیم زیاد، احتمال دارد در بیشتر خاک‌ها از نظر وجود سدیم اشکال ایجاد کند و نیاز به مدیریت ویژه، زهکشی مناسب، آبشویی زیاد و افزایش مواد آلی دارد. اگر خاک حاوی مقدار زیادی گچ باشد برای مدت زمانی ممکن است مشکلات جدی ایجاد نشود. اگر در خاک گچ وجود نداشته باشد باید گچ یا ماده‌ای مشابه آن را به خاک اضافه کرد.	رده S _۳
آب حاوی سدیم زیاد، استفاده از این آب برای آبیاری مطلوب نیست مگر در سطوح کم یا	رده S _۴

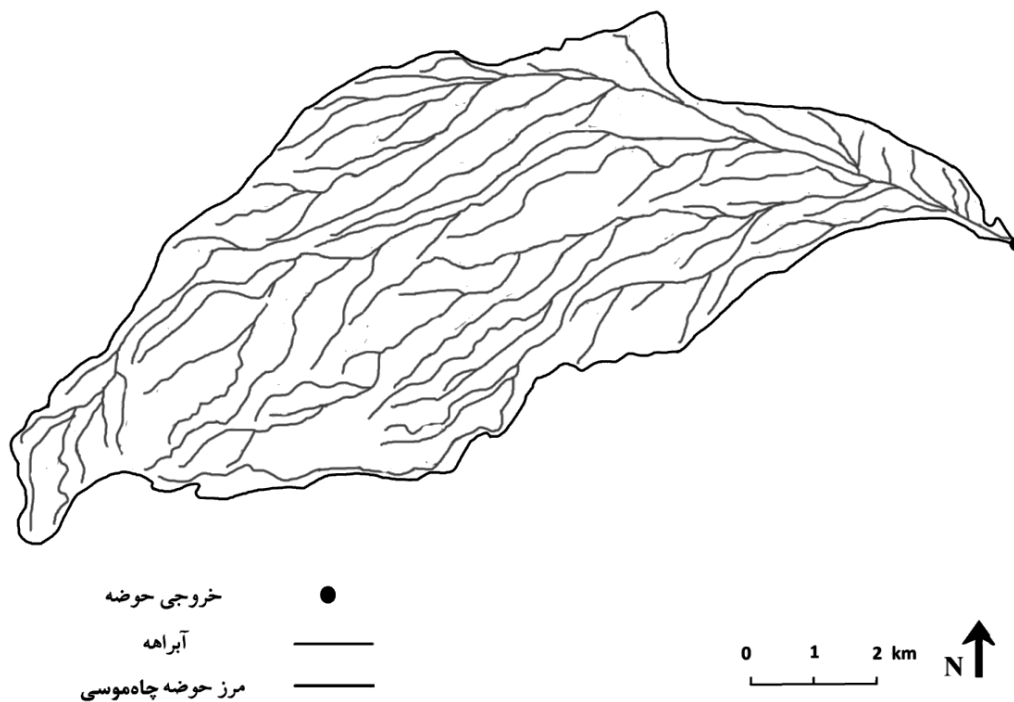
متوسط شوری، که مصرف گچ یا سایر مواد اصلاح‌کننده استفاده از چنین آبی را مجاز بداند.

۴-۶- راهکارهای مناسب برای مهار سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه

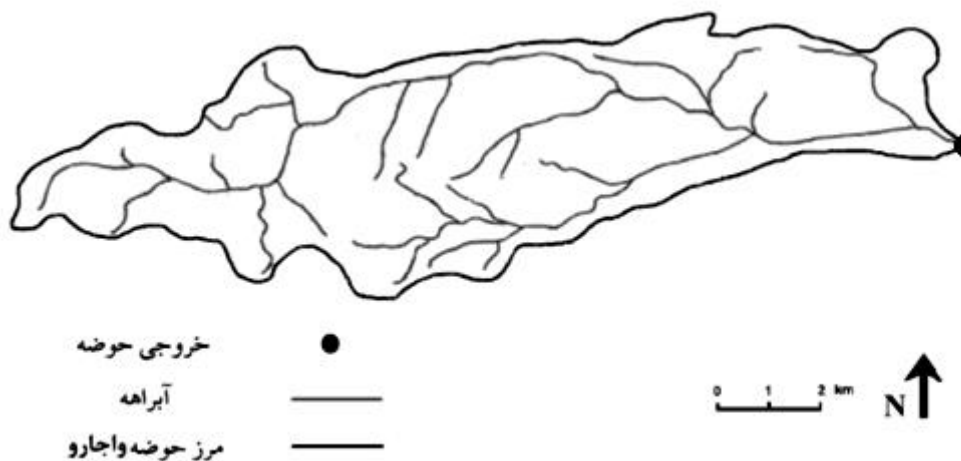
همان‌طور که بیان شد منطقه مورد مطالعه دارای سه حوضه اصلی به نام‌های واجارو، چاه‌موسی و سرتخت می‌باشد. آبراهه دو حوضه واجارو و چاه‌موسی روند شرقی غربی داشته و در نهایت در فاصله حدود ۶ کیلومتری روستای ترود وارد نمکزارهای جنوب این روستا می‌شود. آبراهه حوضه سرتخت نیز روند شمال غرب - جنوب شرق داشته و در انتهای مسیر از حدود ۱۰ کیلومتری جنوب غرب روستای ترود وارد نمکزارهای جنوب این روستا شده و از دسترس خارج می‌شود. شکل‌های (۴-۲۱)، (۴-۲۲) و (۴-۲۳) به ترتیب هیدروگرافی حوضه‌های چاه‌موسی، واجارو و سرتخت را نشان می‌دهند. برای ارائه راهکارهای مدیریتی هر حوضه نیاز به بررسی خصوصیات فیزیوگرافی آن می‌باشد. در جدول (۴-۲۳) ویژگی‌های اصلی این حوضه‌ها درج شده است.

جدول ۴-۲۳- ویژگی‌های اصلی حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

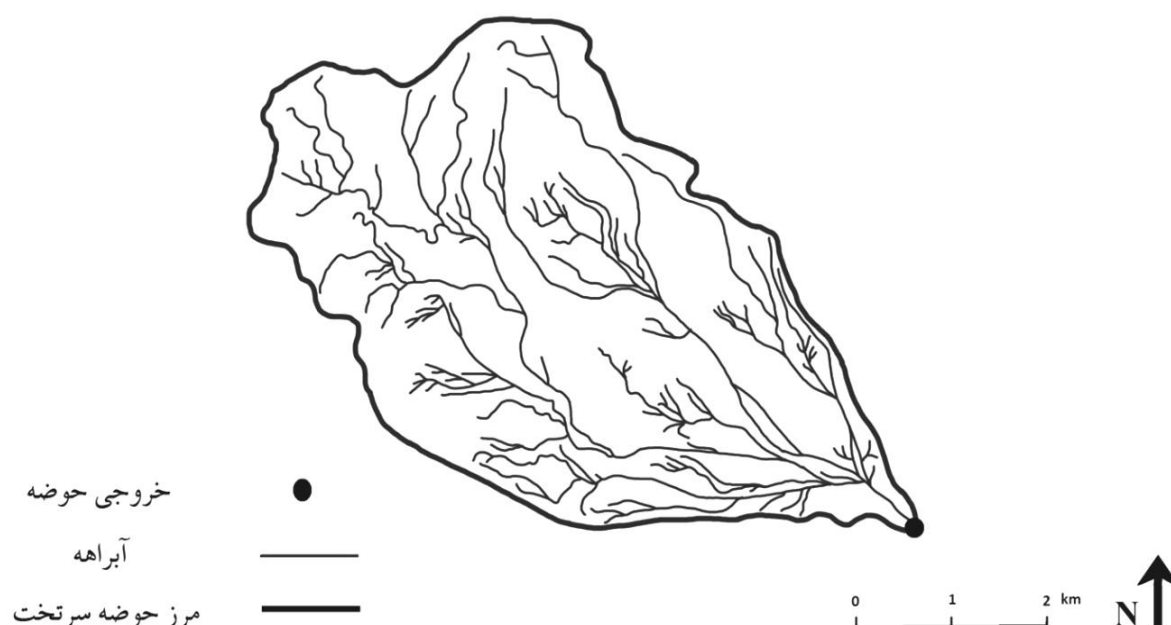
نام حوضه			ویژگی‌های مهم حوضه
سرتخت	واجارو	چاه‌موسی	
بادبزی	کشیده	کشیده	شکل
۲۰	۴۲	۷۳	مساحت (km ^۲)
۱۳۴۳	۱۵۲۵	۱۲۴۰	ارتفاع متوسط (m)
٪۱۱	٪۲۶	٪۶	شیب متوسط
آندزیت - آبرفت دانه درشت	آندزیت	آندزیت - آبرفت دانه درشت	لیتولوژی
بسیار کم	بسیار کم	بسیار کم	پوشش گیاهی
۱۲۲	۱۳۸	۱۱۳	متوسط بارندگی سالیانه (mm)
۰/۱۷	۰/۳	۰/۱۱	ضریب رواناب



شکل ۴-۲۱- نقشه هیدروگرافی حوضه چاه‌موسی



شکل ۴-۲۲- نقشه هیدروگرافی حوضه واجارو



شکل ۴-۲۳- نقشه هیدروگرافی حوضه سرخت

در این مرحله با در نظر گرفتن خصوصیات هر حوضه و همین‌طور نتایج بدست آمده تا این مرحله راهکار مدیریتی مناسب برای هر حوضه در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که تا این مرحله بررسی شد این نتیجه بدست آمد که در حوضه چاه‌موسی که بزرگترین حوضه منطقه نیز محسوب می‌شود تنها در دوره بازگشت ۲ سال حجم روانابی در حدود ۰/۹ میلیون متر مکعب و در دوره بازگشت ۵ سال در حدود ۱/۳ میلیون متر مکعب آب با کیفیت بهتر از آب زیرزمینی منطقه در این ناحیه به هدر می‌رود. با توجه به شکل و شیب ناچیز حوضه به صورتی که حوضه در قسمت‌های شرقی حالت پست و هموار گرفته و لیتولوژی آن که در قسمت شرقی که انتهای حوضه نیز محسوب می‌شود، دارای آبرفت دانه درشت نیز می‌باشد در این حوضه جهت مدیریت رواناب، تغذیه مصنوعی پیشنهاد می‌شود. در واقع خصوصیات مهم در راهکار تغذیه مصنوعی وجود آبرفت دانه درشت و شیب ناچیز می‌باشد که در قسمت شرقی این حوضه هر دوی این شرایط را شاهد هستیم.

در حوضه واجارو نیز همان‌طور که از نتایج پیداست، فقط در دوره بازگشت ۲ سال روانابی به حجم $1/6$ میلیون متر مکعب و در دوره بازگشت ۵ سال روانابی به حجم $2/4$ میلیون متر مکعب با کیفیت بسیار مناسب به کویر نمک جنوب منطقه ریخته و از دسترس خارج می‌شود. شکل (۴-۲۴) داغاب سیلاب سال ۱۳۸۸ در حوضه واجارو را نشان می‌دهد. در این حوضه که می‌توان گفت به خاطر شکل و کیفیت بسیار مناسب رواناب آن، مهم‌ترین حوضه منطقه نیز محسوب می‌شود، با توجه به شیب دامنه‌ها و شکل حوضه و وجود دره باریک و همین‌طور لیتولوژی منطقه راهکار بند خاکی برای مدیریت رواناب آن پیشنهاد می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد در حوضه سرتخت نیز که از نظر مساحت کوچکترین حوضه منطقه محسوب می‌شود، در دوره بازگشت ۲ سال میزان $0/4$ میلیون متر مکعب رواناب و در دوره بازگشت ۵ سال میزان $0/6$ میلیون متر مکعب رواناب با کیفیت مناسب از دسترس خارج شده و به کویر جنوب منطقه می‌ریزد. با در نظر گرفتن خصوصیات لیتولوژی و شیب و ریخت‌شناسی این حوضه که تا حدودی مشابه حوضه چاه‌موسی می‌باشد، در این حوضه نیز راهکار تغذیه مصنوعی پیشنهاد می‌شود.



شکل ۴-۲۴- داغاب سیلاب در حوضه واجارو

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- مقدمه

در این تحقیق خصوصیات کمی و کیفی سیلاب‌های منطقه تروود و نحوه مدیریت آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور با در نظر گرفتن خصوصیات حوضه‌های آبرگیر منطقه و با استفاده از روش استدلالی، میزان رواناب سالیانه برای سه حوضه مهم واقع در غرب تروود، برای دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شده و سپس با توجه به خصوصیات کیفی نمونه آب‌های برداشت شده از سیلاب‌های حوضه‌ها و قنات‌های منطقه و مقایسه خصوصیات کیفی آن‌ها و نیز در نظر گرفتن شرایط هر حوضه، راهکار مدیریتی مناسب برای سیلاب هر حوضه پیشنهاد شده است. در این فصل چکیده‌ای از نتایج بدست آمده از این تحقیق ارائه می‌گردد.

۵-۲- ارزیابی کمی سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه

به منظور ارزیابی کمی سیلاب برای حوضه‌های مورد مطالعه در منطقه غرب تروود، ابتدا لازم است که متوسط بارندگی سالانه برای حوضه‌های مورد مطالعه، با استفاده از آمار مربوط به ایستگاه‌های مجاور محاسبه شود. پس از برآورد متوسط بارندگی سالانه در حوضه‌های مورد نظر، مقدار رواناب سالانه با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردیده و نتایج حاصل در ادامه ذکر شده است.

۵-۲-۱- متوسط بارندگی در حوضه‌های منطقه

سه حوضه چاه‌موسی، واجارو و سرتخت هر سه با مساحت‌های به ترتیب برابر با ۷۳ و ۴۲ و ۲۰ کیلومتر مربع، در طبقه‌بندی مساحتی، در گروه حوضه‌های کوچک قرار می‌گیرند. ارتفاع متوسط این حوضه‌ها به ترتیب برابر با ۱۲۴۰، ۱۵۲۵ و ۱۳۴۳ متر می‌باشد. با توجه به نبود آمار بارندگی در درون منطقه مورد مطالعه، میزان متوسط بارندگی در هر حوضه با توجه به آمار بارندگی ایستگاه‌های مجاور منطقه برآورد شده است. متوسط بارندگی سالیانه ایستگاه ترود برابر با ۸۴ میلی‌متر می‌باشد. با استفاده از رابطه ارتفاع - بارندگی در ایستگاه‌های نزدیک به محدوده مورد مطالعه، متوسط بارندگی سالیانه در سه حوضه چاه‌موسی، واجارو و سرتخت به ترتیب برابر با ۱۱۳، ۱۳۸ و ۱۲۲ میلی‌متر برآورد شده است.

۵-۲-۲- میزان رواناب برای دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه‌های منطقه

با توجه به آمار بارندگی ایستگاه‌های نزدیک به منطقه و محاسبات آماری انجام شده در ایستگاه ترود که نزدیکترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه محسوب شده و با استفاده از روابط منطقی، میزان ارتفاع رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف برای هر حوضه برآورد شده، سپس با در نظر گرفتن مساحت هر حوضه میزان رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف برای این حوضه‌ها تعیین شد. به این ترتیب حوضه واجارو که از نظر مساحت حوضه دوم منطقه محسوب شده، با میزان رواناب سالیانه برابر با ۱/۶۳۷ میلیون متر مکعب برای دوره بازگشت ۲ سال و میزان رواناب سالیانه ۴/۳۰۱ میلیون متر مکعب برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال، دارای بیشترین حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف بوده و پس از آن حوضه چاه‌موسی با میزان رواناب سالیانه برابر با ۰/۸۵۷ میلیون متر مکعب برای دوره بازگشت

۲ سال و میزان رواناب سالیانه ۲/۲۵۱ میلیون متر مکعب برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال، و در نهایت حوضه سرتخت با میزان رواناب سالیانه برابر با ۰/۳۸۶ میلیون متر مکعب برای دوره بازگشت ۲ سال و میزان رواناب سالیانه ۱/۰۱۶ میلیون متر مکعب برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال، قرار می‌گیرند. علت این امر بالاتر بودن متوسط ارتفاع حوضه واجارو نسبت به دو حوضه دیگر، لیتولوژی آن که عمدتاً از نوع سنگ‌های آندزیتی می‌باشد و شیب بالای دامنه‌های آن می‌باشد.

۵-۳- وضعیت کیفی آب زیرزمینی و سیلاب برای حوضه‌های مورد مطالعه

برای این منظور از آب قنات اصلی روستای تروود در طی دو مرحله در تاریخ‌های خرداد ماه سال ۱۳۸۸ و اسفند ماه سال ۱۳۸۸ و قنات منطقه چاه‌موسی در تاریخ مرداد ماه سال ۱۳۸۹ و سیلاب اسفند ماه سال ۱۳۸۸ حوضه چاه‌موسی و سیلاب فروردین ماه سال ۱۳۸۹ حوضه واجارو در طی یک مرحله نمونه‌برداری و برای انجام آزمایش‌ها و بررسی‌های لازم به آزمایشگاه پارک علم و فناوری شهرستان شاهرود فرستاده شد.

طی بررسی‌های به عمل آمده این نتیجه بدست آمد که از نظر کیفی آب سیلاب حوضه‌های منطقه به ویژه حوضه واجارو که سنگ بستر آن بیشتر از جنس آندزیت بوده و شیب بیشتری نسبت به حوضه‌های دیگر دارا می‌باشد، در وضعیت بسیار بهتری نسبت به آب زیرزمینی منطقه قرار دارد. این در حالی است که منطقه مورد مطالعه با کمبود آب شدید مواجه بوده و کیفیت آب زیرزمینی آن نیز در سطح بسیار پایین‌تری نسبت به آب سیلاب حوضه‌های آن می‌باشد و هرساله مقادیر زیادی آب با کیفیت مناسب در منطقه از دسترس خارج شده که با اجرای راهکارهای مدیریتی مناسب می‌توان آن‌ها را مهار نموده و برای مصارف مختلف مورد استفاده قرار داد.

۵-۴- راهکارهای مدیریتی برای مهارسیلاب در منطقه مورد مطالعه

با توجه به شرایط هندسی و فیزیوگرافی و زمین‌شناسی هر حوضه و همچنین با اطلاع از مقادیر رواناب آن‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف، برای هر یک از این حوضه‌ها راهکار مدیریتی مناسب پیشنهاد شده است.

در حوضه آبگیر واجارو که می‌توان گفت به خاطر شکل حوضه آبگیر و همچنین کیفیت بسیار مناسب رواناب آن، مهم‌ترین حوضه منطقه نیز محسوب می‌شود؛ با توجه به شکل کشیده حوضه، با طول حدود ۱۸ کیلومتر و وجود دره باریک و همین‌طور وجود سنگ‌های آندزیتی و غیر قابل نفوذ در طرفین دره، یکی از راهکارهای عملی و مناسب مدیریت سیلاب، ایجاد یک بند خاکی در محدوده نزدیک به خروجی حوضه می‌باشد.

در حوضه آبگیر چاه‌موسی که وسیع‌ترین حوضه منطقه نیز می‌باشد، با توجه به وجود یک مسیل پهن بدون عوارض توپوگرافی و وجود آبرفت‌های نسبتاً وسیع در محدوده خروجی این حوضه، که از شرایط مناسب احداث شبکه تغذیه مصنوعی می‌باشد، شرایط مناسب جهت احداث بند خاکی وجود نداشته و احداث شبکه‌های تغذیه مصنوعی راهکار مناسب‌تری برای مدیریت سیلاب این حوضه آبگیر قلمداد می‌شود.

در حوضه آبگیر سرتخت نیز که آخرین و کوچک‌ترین حوضه منطقه محسوب شده، با توجه وجود شیب ناچیز و آبرفت دانه‌درشت در قسمت‌های انتهایی حوضه، که از شروط لازم برای اجرای روش تغذیه مصنوعی می‌باشد، روش تغذیه مصنوعی پیشنهاد می‌شود.

۵-۵- پیشنهادها

- ۱- مهار سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه با روش‌های مناسب هر حوضه، این روش‌ها در بخش (۵-۴) ذکر شده‌اند.
- ۲- نصب چند باران‌سنج در حوضه‌های مورد مطالعه برای برآورد دقیق‌تر بارندگی حوضه‌ها.
- ۳- نصب اشل در خروجی حوضه‌های مورد مطالعه و قرائت آن‌ها در هنگام وقوع سیل توسط افرادی که از قبل در این مورد راهنمایی‌های لازم را کسب نموده‌اند. با استفاده از داده‌های بدست آمده می‌توان حجم سیلاب‌ها را با دقت بالاتری برآورد نمود.
- ۴- نمونه‌برداری از سیل‌های حوضه‌های مورد مطالعه در محل خروجی حوضه‌ها در چند سیلاب برای ارزیابی دقیق‌تر کیفیت سیلاب‌ها.
- ۵- با توجه به کویری بودن منطقه و عدم وجود مناطق تفریحی در آن، پیشنهاد می‌شود که در پایین‌دست حوضه واجارو، در محل احداث بند خاکی، تعداد زیادی درخت کاشته شود و با روش‌های نوین، آبیاری شوند تا ضمن استفاده و جلوگیری از هدرروی آب سیلاب‌های حوضه‌های مورد نظر، یک منطقه تفریحی نیز در این ناحیه ایجاد شود.

جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود، روش استفاده از پارامترهای توزیع

NORMAL DISTRIBUTION						
Method of Moments						
Return per. Years (T=1/p)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. (1-p)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	-14.908	16.339	-48.631	18.815
1.02564	0.975	0.025	0.645	14.505	-29.292	30.581
1.05263	0.950	0.050	14.015	13.019	-12.855	40.884
1.11111	0.900	0.100	29.434	11.454	5.794	53.073
1.25000	0.800	0.200	48.103	9.876	27.719	68.488
2.00000	0.500	0.500	83.820	8.487	66.303	101.337
5.00000	0.200	0.800	119.537	9.876	99.152	139.921
10.00000	0.100	0.900	138.206	11.454	114.567	161.846
20.00000	0.050	0.950	153.625	13.019	126.756	180.495
25.00000	0.040	0.960	158.118	13.507	130.241	185.995
50.00000	0.020	0.980	170.979	14.965	140.092	201.866
100.00000	0.010	0.990	182.548	16.339	148.825	216.271

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود، روش استفاده از پارامترهای توزیع

2-PAR LOGNORMAL DISTRIBUTION						
Method of Moments						
Return per. Years (T=1/p)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. (1-p)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	24.612	12.358	-0.893	50.117
1.02564	0.975	0.025	29.321	11.327	5.943	52.699
1.05263	0.950	0.050	34.083	10.333	12.756	55.410
1.11111	0.900	0.100	40.544	9.092	21.778	59.309
1.25000	0.800	0.200	50.026	7.607	34.325	65.726
2.00000	0.500	0.500	74.782	7.250	59.820	89.745
5.00000	0.200	0.800	111.791	14.313	82.250	141.332
10.00000	0.100	0.900	137.935	20.693	95.226	180.645
20.00000	0.050	0.950	164.080	27.339	107.655	220.505
25.00000	0.040	0.960	172.591	29.530	111.645	233.536
50.00000	0.020	0.980	199.476	36.500	124.143	274.809
100.00000	0.010	0.990	227.221	43.744	136.938	317.503

ادامه جدول ۱- نتایج برآزش داده‌های بارندگی ایستگاه ترو، روش استفاده از پارامترهای توزیع

2-PAR LOGNORMAL DISTRIBUTION						
Maximum Likelihood						
Return per. Years (T=1/p)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. (1-p)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	24.612	4.527	15.269	33.955
1.02564	0.975	0.025	29.321	4.787	19.440	39.202
1.05263	0.950	0.050	34.083	4.995	23.775	44.392
1.11111	0.900	0.100	40.544	5.227	29.755	51.332
1.25000	0.800	0.200	50.026	5.562	38.547	61.504
2.00000	0.500	0.500	74.782	7.144	60.037	89.528
5.00000	0.200	0.800	111.791	12.428	86.140	137.442
10.00000	0.100	0.900	137.935	17.784	101.231	174.640
20.00000	0.050	0.950	164.080	24.045	114.453	213.707
25.00000	0.040	0.960	172.591	26.241	118.432	226.749
50.00000	0.020	0.980	199.476	33.604	130.121	268.831
100.00000	0.010	0.990	227.221	41.792	140.967	313.475

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه تروند، روش استفاده از پارامترهای توزیع

3-PAR LOGNORMAL DISTRIBUTION						
Method of Moments						
Return per. Years (T=1/p)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. (1-p)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	5.934	16.149	-27.396	39.265
1.02564	0.975	0.025	14.973	12.780	-11.404	41.350
1.05263	0.950	0.050	23.389	10.529	1.658	45.119
1.11111	0.900	0.100	33.897	8.892	15.545	52.248
1.25000	0.800	0.200	47.877	8.317	30.711	65.042
2.00000	0.500	0.500	78.987	9.183	60.035	97.939
5.00000	0.200	0.800	116.873	11.108	93.947	139.799
10.00000	0.100	0.900	139.855	14.902	109.100	170.610
20.00000	0.050	0.950	160.705	20.820	117.735	203.674
25.00000	0.040	0.960	167.121	23.077	119.492	214.749
50.00000	0.020	0.980	186.392	30.947	122.521	250.264
100.00000	0.010	0.990	204.935	39.902	122.582	287.289

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه ترو، روش استفاده از پارامترهای توزیع

3-PAR LOGNORMAL DISTRIBUTION						
Maximum Likelihood						
Return per. Years (T=1/p)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. (1-p)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	6.390	12.711	-19.844	32.624
1.02564	0.975	0.025	15.262	10.533	-6.476	37.000
1.05263	0.950	0.050	23.553	9.129	4.711	42.394
1.11111	0.900	0.100	33.944	8.150	17.123	50.765
1.25000	0.800	0.200	47.830	7.843	31.643	64.016
2.00000	0.500	0.500	78.952	8.805	60.779	97.124
5.00000	0.200	0.800	117.204	11.720	93.015	141.393
10.00000	0.100	0.900	140.570	15.509	108.560	172.579
20.00000	0.050	0.950	161.860	20.612	119.320	204.401
25.00000	0.040	0.960	168.428	22.489	122.014	214.843
50.00000	0.020	0.980	188.203	28.931	128.492	247.914
100.00000	0.010	0.990	207.290	36.185	132.608	281.971

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه تروود، روش استفاده از پارامترهای توزیع

THE TWO PARAMETER GAMMA DISTRIBUTION						
Method of Moments						
Return per. Years ($T=1/p$)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. ($1-p$)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	16.262	5.402	5.112	27.411
1.02564	0.975	0.025	22.050	5.877	9.921	34.180
1.05263	0.950	0.050	28.008	6.189	15.233	40.78
1.11111	0.900	0.100	36.108	6.457	22.781	49.435
1.25000	0.800	0.200	47.838	6.732	33.943	61.733
2.00000	0.500	0.500	76.861	7.996	60.358	93.364
5.00000	0.200	0.800	115.741	12.261	90.436	141.045
10.00000	0.100	0.900	140.469	16.162	107.111	173.827
20.00000	0.050	0.950	163.366	20.294	121.481	205.251
25.00000	0.040	0.960	170.476	21.654	125.784	215.169
50.00000	0.020	0.980	191.966	25.946	138.416	245.516
100.00000	0.010	0.990	212.777	30.318	150.203	275.350

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود، روش استفاده از پارامترهای توزیع

THE TWO PARAMETER GAMMA DISTRIBUTION						
Maximum Likelihood						
Return per. Years ($T=1/p$)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. ($1-p$)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	14.451	5.234	3.649	25.254
1.02564	0.975	0.025	20.120	5.795	8.160	32.080
1.05263	0.950	0.050	26.041	6.180	13.286	38.796
1.11111	0.900	0.100	34.192	6.526	20.722	47.662
1.25000	0.800	0.200	46.141	6.890	31.922	60.361
2.00000	0.500	0.500	76.177	8.339	58.965	93.388
5.00000	0.200	0.800	117.037	12.967	90.274	143.801
10.00000	0.100	0.900	143.262	17.193	107.778	178.745
20.00000	0.050	0.950	167.663	21.677	122.923	212.402
25.00000	0.040	0.960	175.260	23.156	127.467	223.052
50.00000	0.020	0.980	198.271	27.830	140.832	255.709
100.00000	0.010	0.990	220.617	32.602	153.330	287.904

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه ترود، روش استفاده از پارامترهای توزیع

PEARSON TYPE III DISTRIBUTION						
Method of MSoments						
Return per. Years ($T=1/p$)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. ($1-p$)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	13.392	19.297	-26.435	53.220
1.02564	0.975	0.025	19.962	14.090	-9.118	49.043
1.05263	0.950	0.050	26.549	10.437	5.007	48.090
1.11111	0.900	0.100	35.307	7.754	19.304	51.310
1.25000	0.800	0.200	47.708	7.315	32.610	62.805
2.00000	0.500	0.500	77.498	9.737	57.401	97.594
5.00000	0.200	0.800	116.247	12.250	90.965	141.529
10.00000	0.100	0.900	140.461	16.343	106.731	174.191
20.00000	0.050	0.950	162.668	22.554	116.118	209.217
25.00000	0.040	0.960	169.528	24.883	118.172	220.884
50.00000	0.020	0.980	190.174	32.852	122.372	257.977
100.00000	0.010	0.990	210.056	41.671	124.051	296.060

ادامه جدول ۱- نتایج برآزش داده‌های بارندگی ایستگاه ترو، روش استفاده از پارامترهای توزیع

PEARSON TYPE III DISTRIBUTION						
Maximum Likelihood						
Return per. Years (T=1/p)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. (1-p)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	9.604	10.556	-12.182	31.389
1.02564	0.975	0.025	17.353	8.895	-1.005	35.711
1.05263	0.950	0.050	24.861	8.013	8.323	41.398
1.11111	0.900	0.100	34.551	7.581	18.904	50.19
1.25000	0.800	0.200	47.854	7.644	32.078	63.631
2.00000	0.500	0.500	78.506	8.592	60.773	96.240
5.00000	0.200	0.800	116.686	11.676	92.588	140.784
10.00000	0.100	0.900	139.915	15.313	108.311	171.520
20.00000	0.050	0.950	160.906	19.692	120.263	201.548
25.00000	0.040	0.960	167.338	21.213	123.556	211.120
50.00000	0.020	0.980	186.570	26.195	132.507	240.633
100.00000	0.010	0.990	204.926	31.482	139.950	269.901

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه تروود، روش استفاده از پارامترهای توزیع

LOG-PEARSON TYPE III DISTRIBUTION						
Method of Moments						
Return per. Years (T=1/p)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. (1-p)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	10.679	8.080	-5.997	27.355
1.02564	0.975	0.025	16.427	8.353	-0.812	33.667
1.05263	0.950	0.050	22.945	8.265	5.886	40.004
1.11111	0.900	0.100	32.434	8.074	15.770	49.098
1.25000	0.800	0.200	46.775	8.594	29.037	64.512
2.00000	0.500	0.500	81.378	11.621	57.393	105.362
5.00000	0.200	0.800	119.764	10.583	97.921	141.607
10.00000	0.100	0.900	138.517	14.920	107.724	169.309
20.00000	0.050	0.950	152.310	25.294	100.106	204.513
25.00000	0.040	0.960	155.969	29.186	95.733	216.206
50.00000	0.020	0.980	165.452	41.899	78.977	251.928
100.00000	0.010	0.990	172.662	54.793	59.575	285.749

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه ترو، روش استفاده از پارامترهای توزیع

THE GUMBEL TYPE I DISTRIBUTION						
Method of Moments						
Return per. Years ($T=1/p$)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. ($1-p$)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	14.194	12.274	-11.139	39.527
1.02564	0.975	0.025	21.535	11.057	-1.285	44.354
1.05263	0.950	0.050	28.421	9.996	7.791	49.051
1.11111	0.900	0.100	37.128	8.811	18.942	55.314
1.25000	0.800	0.200	48.978	7.619	33.253	64.703
2.00000	0.500	0.500	76.851	7.790	60.772	92.929
5.00000	0.200	0.800	114.353	13.119	87.276	141.429
10.00000	0.100	0.900	139.182	17.719	102.611	175.753
20.00000	0.050	0.950	162.999	22.384	116.801	209.197
25.00000	0.040	0.960	170.554	23.892	121.244	219.864
50.00000	0.020	0.980	193.828	28.588	134.824	252.831
100.00000	0.010	0.990	216.930	33.303	148.195	285.664

ادامه جدول ۱- نتایج برازش داده‌های بارندگی ایستگاه تروود، روش استفاده از پارامترهای توزیع

THE GUMBEL TYPE I DISTRIBUTION						
Maximum Likelihood						
Return per. Years (T=1/p)	Probab. Exc. (p)	Probab. Non.Exc. (1-p)	Est. value X_T	St.Error S_T	Conf. lim. of Est.	
					Lower ($X_T - t.S_T$)	Upper ($X_T + t.S_T$)
1.01010	0.990	0.010	10.406	9.308	-8.806	29.617
1.02564	0.975	0.025	18.221	8.561	0.552	35.890
1.05263	0.950	0.050	25.553	7.967	9.111	41.995
1.11111	0.900	0.100	34.823	7.403	19.545	50.101
1.25000	0.800	0.200	47.439	7.053	32.883	61.995
2.00000	0.500	0.500	77.114	8.273	60.039	94.189
5.00000	0.200	0.800	117.041	12.704	90.822	143.260
10.00000	0.100	0.900	143.476	16.300	109.834	177.118
20.00000	0.050	0.950	168.833	19.945	127.669	209.997
25.00000	0.040	0.960	176.876	21.124	133.278	220.475
50.00000	0.020	0.980	201.655	24.806	150.458	252.852
100.00000	0.010	0.990	226.250	28.510	167.409	285.091

منابع

تقوایی ابریشمی، ع. (۱۳۸۵)، "پیش‌بینی سیل و پهنه‌بندی سیلاب در حریم رودخانه‌ها اصلی‌ترین مؤلفه طرح‌های مدیریت سیلاب و پیش‌بینی و هشدار و عملیات امداد و نجات"، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب، ۲۵ مرداد ماه سال ۱۳۸۵.

دادرسی سبزواری، ا.، داورزنی، ز.، یمانی، م.، محمدی گلرنگ، ب. (۱۳۸۵)، "کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در مطالعات پهنه‌بندی سیل"، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز، بهمن ماه ۱۳۸۵.

داوودی راد، ع. و مهدوی، م. (۱۳۷۸)، "بررسی مدل‌های اقلیمی و مرفولوژیکی برآوردهای سیلابی در مناطق خشک و نیمه‌خشک"، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، ۱۳ و ۱۴ آبان سال ۱۳۷۸.

درویش‌زاده، ع. (۱۳۸۲) "زمین‌شناسی ایران" چاپ سوم، انتشارات امیرکبیر تهران.

رضوی، ا.، وهابی، ج.، مجدزاده طباطبایی، م. ر.، موسوی ندوشنی، س.س. (۱۳۸۲)، "طرح تحقیقاتی برآورد حجم رواناب در حوضه‌های فاقد آمار اندازه‌گیری با استفاده از RS و GIS"، سازمان مدیریت منابع آب ایران، وزارت نیرو.

شادمانی، م.، طبری، ح.، معروفی، ص. (۱۳۸۷)، "برآورد پتانسیل رواناب با استفاده از GIS در حوضه آبریز خسروآباد"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، ۲۳ الی ۲۵ مهرماه سال ۱۳۸۷.

شکوهی، ع. (۱۳۸۷)، "مخازن درون و خارج بستر، راه‌حلی بهینه برای مدیریت سیلاب و تأمین نیاز آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، ۲۳ الی ۲۵ مهرماه سال ۱۳۸۷.

شیبانی، ح.، روزخش، ب.، سهیلی، م. (۱۳۸۵)، "بکارگیری روابط غیرخطی چندمتغیره در روش شاخص سیلاب در زیرحوضه‌های فاقد آمار (حوضه آبریز رودخانه بشار)"، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود، دانشگاه شهرکرد، ۱۴ و ۱۵ شهریور سال ۱۳۸۵.

صادقی، ح.، مهدوی، م.، رضوی، ل. (۱۳۸۷)، "واسنجی ضریب شاخص حداکثر ذخیره و شماره منحنی مدل SCS در حوضه‌های آبریز امامه، کسپیلان، درجزین و خانمیرزا"، مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال دوم، شماره ۴، پاییز سال ۱۳۸۷.

علیزاده، ا. (۱۳۸۱)، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، چاپ چهاردهم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).

فیله‌کش، ا. (۱۳۷۷)، "بررسی نظام‌های بهره‌برداری سنتی از سیلاب در سبزوار"، مجموعه مقالات سمینار ملی بررسی سیاست‌ها و روش‌های بهره‌برداری بهینه از اراضی، سال ۱۳۷۷.

فیله‌کش، ا. (۱۳۷۹)، "آبخیزداری، تلفیق تجربه و علم برای استحصال سیلاب در مناطق خشک"، جهاد دانشگاهی استان کرمان، ۹ و ۱۰ اسفند سال ۱۳۷۹.

قهرمان، ب.، حاتمی یزد، ا. (۱۳۸۵)، "بررسی و تعمیم روابط بارش - رواناب ماهانه و سالانه به حوضه‌های فاقد آمار (مطالعه موردی: حوضه‌های نهرین و کریت واقع در منطقه طبس استان یزد)"، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، سال ۱۳۸۵.

کرمی، غ. (۱۳۷۵)، "بررسی سیلاب‌ها و منابع آب زیرزمینی در منطقه بیابانی احمدآباد خارتوران (شاهرود)"، دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زدایی، کرمان، ۱۲ الی ۱۴ شهریور سال ۱۳۷۵.

کوثر، آ. (۱۳۷۴)، "مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری بهینه از آن‌ها" نشریه شماره ۱۵۰، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

مهدوی، م. (۱۳۷۸)، "هیدرولوژی کاربردی"، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

نقشه توپوگرافی، ترود، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور، شماره ۱-۴۰.

نقشه زمین‌شناسی، ترو، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور.

نوروزی، ا. و غواصیه، ا. (۱۳۸۷)، "برآورد حجم سیلاب سالیانه در مناطق بدون آمار: کاربرد در حوضه شمیل"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، ۲۳ الی ۲۵ مهرماه سال ۱۳۸۷.

هوشمندزاده، ع.، علوی نائینی، م.، حق‌پور، ع. (۱۳۵۷)، "تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه ترو"، سازمان تحقیقات زمین‌شناسی و معدنی کشور.

Bales, J. & R. P. Betson, (1981). "The Curve Number as a Hydrologic Index, Proceeding International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling", Mississippi State University, pp. 371-386.

Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1988). "Applied Hydrology". McGraw-Hill Book Co., New York.

Dalen, E. N., Kirkby, M. J., Bracken, L., Chapman, M. J. and Irvine, B. (2008). "Factors influencing runoff generation, and estimates of runoff in a semi-arid area, SE Spain" Sustainable Hydrology for the 21st Century, Proc. 10th BHS National Hydrology Symposium, Exeter 16.

Delitala, A., Cesari, D., Chesa, P., Ward, M., (2000). "Precipitation over Sardinia (Italy) during the 1946–1993 rainy season and associated large scale climate variation". International Journal of Climatology 20, 519–541.

Dinpashoh, Y., Fakheri-Fard, A., Moghaddam, M., Jahanbakhsh, S., Mirnia, M., (2004). "Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods". Journal of Hydrology 297, 109–123.

Gemmer, M., Becker, S., Jiang, T., (2004). "Observed monthly precipitation trends in China 1951–2002". Theoretical and Applied Climatology 77, 39–45.

Jain, M. K., Kothyari, U. C. and Ranga Raju, K. G. (2004). "A GIS based distributed rainfall-runoff model" J. Hydrology, 299

Kim, Y., B. A. Engel, K. J. Lim, V. Larson & B. Duncan, (2002). "Runoff Impact of Land-use Change in Indian River Lagoon Watershed". Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 7(3): 245-251.

Kishi, T.(1982). “Change of runoff characteristics by urbanization” Proceedings of the Exeter Symposium, July 1982.

Lazaro, R., Rodrigo, F.S., Gutierrez, L., Domingo, F., Puigdefabregas, J., (2001). “Analysis of a 30-year rainfall record (1967–1997) in semi-arid SE Spain for implications on vegetation”. *Journal of Arid Environments* 48, 373–395.

Martinez, M.(1998). “Factors Influencing Surface Runoff Generation in a Mediteranean Semi-arid Environment: Chicamo Watershed Spain”. 12(5): 741-745.

Modarres, R., Rodrigues da Silva, V., (2007). “Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran”. *Journal of Arid Environments* 70 (2007) 344–355.

Ni, J., Zhang, X.S., (2000). “Climate variability, ecological gradient and the Northeast China Transect (NECT)”. *Journal of Arid Environments* 46, 313–325.

Pilgrim, D.H. and McDermott, G.E. (1982). “ Design flood for small rural catchments in eastern New South Wales”. *Civil Eng. Tran.* PP. 226-234.

Sefton, C.E.M., Howarth, S.M.(1999). “Relationships between dynamic response characteristics and physical descriptors of catchments in England and Wales”. *Journal of Hydrology* Volume 211, Issues 1-4, November 1998, Pages 1-16.

Sheldon,F., Fellows,Ch., (2010). “Water quality in two Australian dryland rivers: spatial and temporal variability and the role of flow”. *Marine and Freshwater Research* 61(8) 864–874 (2010).

Silva, V.P.R., (2004). “ On climate variability in Northeast of Brazil”. *Journal of Arid Environments* 58, 575–596.

Todd, D.K., (1980). “Ground water hydrology”.Jhon Wiley and Sons. New York, PP 539.

Yeung, Ch. (2002). “Rainfall-Runoff and Water-Balance Models for Management of the Fena Valley Reservoir, Guam”, *GuamScientific Investigations Report 2004–287*Prepared, USGS report.

Zhu, K., Zhang, L., Hart, W., Liu ,M., Chen.,H.(2003). “Quality issues in harvested rainwater in arid and semi-arid Loess Plateau of northern China”. *Journal of Arid Environments* Volume 57, Issue 4, June 2004, Pages 487-505.

