

«بسمه تعالی»

گزارش نهایی طرح پژوهشی

بررسی ضرایب رواناب در حوضه های آبریز شمال و شمال شرق کشور

مجری طرح: مهندس علی عرفانی آگاه

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

همکار طرح: مهندس حسن گلی

کارشناس گروه آبیاری

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

بررسی ضرایب رواناب در حوضه های آبریز شمال و شمال شرق کشور

چکیده

سیل پدیده ای طبیعی است که جوامع بشری آنرا به عنوان یک واقعه اجتناب ناپذیر پذیرفته اند. تخمین دقیق از سیلاب، روشی برای جلوگیری از خسارت ناشی از وقوع سیلاب ها می باشد. این تخمین می تواند پایه و اساس طراحی ابنیه هیدرولیکی، سرریز سدها، طرح های آبخیز داری و کنترل و مهار سیلاب باشد. روشهای مختلفی نظیر روش کریگر، جارویس- مایر، سیپرس کریک، استدلالی و نیز روش مدت- مساحت مقدار حداکثر سیلاب را محاسبه می کنند، که هر روش دارای مزایا و معایبی می باشد. روش استدلالی- احتمالی یکی دیگر از روشهای تخمین سیلاب می باشد که به صورت زیر بیان شده است:

$$Q(y) = F.C(y).I(t_c, y).A$$

که در این رابطه:

$$Q = \text{حداکثر دبی سیلاب بر حسب متر مکعب بر ثانیه}$$

$$y = \text{دوره برگشت بر حسب سال}$$

$$C = \text{ضریب رواناب}$$

$$A = \text{مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع}$$

$$I = \text{شدت بارندگی برای یک دوره برگشت معین و مدتی معادل تمرکز حوضه بر حسب میلیمتر بر ساعت}$$

$$F = \text{ضریب تبدیل واحد که در صورت کاربرد واحدهای فوق برابر ۰/۲۷۸ می باشد.}$$

پایه و اساس این روش همانند روش استدلالی می باشد با این تفاوت که در این روش عامل دوره برگشت نیز دخالت داده شده است. تخمین ضریب رواناب ($C(y)$) یکی از مشکلات این روش است. این ضریب تا کنون به طور تجربی تعیین شده و می توان آنرا از جداولی که در کتابهای مختلف وجود دارد بدست آورد. در تحقیق حاضر از برنامه کامپیوتری SMADA و TR برای تجزیه و تحلیل آمار حداقل ۱۰ سال ۲۹ ایستگاه آبنجی و ۶ ایستگاه ثبات بارندگی سازمان تحقیقات منابع آب ایران (تماب) استفاده شده است. این طرح در قسمتی از حوضه آبخیز دریای مازندران (بخش مرکزی و شرقی حوضه آبریز شماره ۱ ایران)، در حوضه رودخانه هایی نظیر اترک، تجن، چالوس، سرداب رود، سیاهرود، گرگانرود، صفارود، کسلیان، بابلرود و نکاء انجام گردید. ضرایب رواناب با دوره برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال این زیر حوضه ها محاسبه شده و سپس منحنی های هم ضریب رواناب در محدوده طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه و نیز عرض جغرافیایی ۳۶ درجه ۳۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه با استفاده از نرم افزار Surfer رسم گردیدند.

نتایج مطالعه نشان داد که ضرایب رواناب بدست آمده از مقادیر آنها در جداول تجربی کمتر بوده، چونکه با استفاده از مقدار واقعی دبی و شدت بارندگی هر نقطه تعیین گردیده اند. نتایج نشان داد که با افزایش دوره برگشت، ضریب رواناب افزایش می یابد. آزمون کاربرد مقادیر بدست آمده ضرایب رواناب در ۳ حوضه آبریز منطقه نشان داد که با استفاده از منحنی های هم ضریب رواناب می توان دبی های حداکثر لحظه ای را با دقت بهتری نسبت به جداول تجربی ضریب رواناب تخمین زد.

تقدیر و تشکر

گزارش حاضر نتیجه انجام طرح پژوهشی کد ۳۱۰۶ تحت عنوان بررسی ضرایب رواناب در حوضه های آبریز شمال و شمال شرق کشور می باشد که در دانشگاه صنعتی شاهرود به انجام رسیده است. در این رهگذر به رسم ادب خود را ملزم می دانم که از ارزیاب محترم جناب آقای دکتر نادری که در طی مراحل تحقیق، تدوین و نگارش طرح از راهنماییهای بی دریغشان نهایت استفاده را نمودم صمیمانه تشکر و سپاسگزاری کنم. تایپ گزارش و صفحه آرایی نیز توسط آقای مهندس گلی، همکار محترم طرح صورت گرفته که از ایشان نیز ممنونم. بدون شک اجرای طرح پژوهشی بدون مساعدت مسئولین و همکاران محترم معاونت پژوهشی دانشگاه بالاخص آقایان دکتر قاسمی، دکتر کرمی و سرکار خانم آزادخواه ممکن نبوده که بدینوسیله سلامتی و شادکامی ایشان را از خداوند منان خواستارم.

مجری طرح پژوهشی کد ۳۱۰۶

علی عرفانی آگاه

فصل اول - رواناب و عوامل مؤثر بر آن

مقدمه.....	۲
۱-۱- سیکل رواناب و عوامل مؤثر در تشکیل آن.....	۴
۱-۱-۱- عوامل مربوط به ریزشهای جوی.....	۴
۱-۱-۲- عوامل مربوط به خصوصیات حوضه آبریز.....	۵
۱-۱-۳- عوامل مربوط به زمین شناسی حوضه.....	۵
۲-۱- فرآیند رواناب سطحی.....	۶
۱-۲-۱- تبخیر.....	۶
۱-۱-۲-۱- تعیین مقدار تبخیر با استفاده از طشتک تبخیر.....	۶
۲-۱-۲-۱- تعیین مقدار تبخیر با استفاده از روش بیلان آب.....	۶
۳-۱-۲-۱- تعیین مقدار تبخیر با استفاده از روش بیلان انرژی.....	۷
۴-۱-۲-۱- تعیین مقدار تبخیر با استفاده از روش انتقال جرم.....	۸
۵-۱-۲-۱- تعیین مقدار تبخیر با استفاده از روش های تجربی.....	۹
۲-۲-۱- برگاب.....	۹
۳-۲-۱- چالاب.....	۱۱
۴-۲-۱- نفوذ.....	۱۲
۱-۴-۲-۱- معادله هورتن.....	۱۲
۲-۴-۲-۱- معادله فیلیپ.....	۱۳
۳-۴-۲-۱- معادله گرین-آمپت.....	۱۳
۴-۴-۲-۱- معادله هولتان.....	۱۴
۵-۴-۲-۱- شاخص های نفوذ.....	۱۵
۳-۱- خلاصه.....	۱۶

فصل دوم - روشهای تخمین رواناب حوضه آبریز

مقدمه.....	۱۸
۱-۲- سیلاب سطحی یا رواناب.....	۱۹
۱-۱-۲- رواناب آبراهه ای.....	۱۹
۲-۱-۲- رواناب سطحی.....	۱۹
۳-۱-۲- رواناب های زیر سطحی.....	۱۹
۴-۱-۲- دبی پایه.....	۲۰
۲-۲- روش همبستگی تخمین رواناب از بارش.....	۲۰
۳-۲- تخمین رواناب از بارش با استفاده از شاخص بارش پیشین.....	۲۱

۲۳	۴-۲- تخمین رواناب از بارش در روش SCS
۲۶	۴-۲-۱- تخمین مقدار ظرفیت نگهداشت (S)
۲۷	۴-۲-۱-۱- وضعیت رطوبت پیشین خاک در حالت اول
۲۷	۴-۲-۱-۲- وضعیت رطوبت پیشین خاک در حالت دوم
۲۷	۴-۲-۱-۳- وضعیت رطوبت پیشین خاک در حالت سوم
۲۸	۴-۲-۱-۴- وضعیت هیدرولوژیکی
۲۹	۴-۲-۱-۵- گروههای هیدرولوژیکی خاک
۳۱	۴-۲-۵- روش کریگر
۳۳	۴-۲-۶- روش تجربی فولر
۳۴	۴-۲-۷- روش جارویس- مایر
۳۴	۴-۲-۸- جدول بارلو
۳۵	۴-۲-۹- جدول استرینچ
۳۶	۴-۲-۱۰- روش منطقی یا استدلالی
۳۹	۴-۲-۱۱- روش استدلالی- احتمالی
۴۲	۴-۲-۱۲- خلاصه

فصل سوم- سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در مدل‌های بارندگی- رواناب

۴۴	مقدمه
۴۵	۳-۱- نمونه‌هایی از جنبه‌های کاربردی GIS در وزارت نیرو
۴۶	۳-۲- عناصر اصلی GIS ها
۴۷	۳-۳- اجزاء GIS
۴۹	۳-۴- مراحل اجرای یک پروژه GIS
۴۹	۳-۴-۱- مرحله شناخت و امکان‌سنجی
۴۹	۳-۴-۲- تهیه مدل مفهومی
۵۰	۳-۴-۳- آماده‌سازی استانداردها
۵۰	۳-۴-۴- تهیه دستورالعمل‌ها
۵۰	۳-۴-۵- جمع‌آوری و تولید اطلاعات
۵۰	۳-۴-۶- طراحی سیستم
۵۰	۳-۴-۷- نصب و تست سیستم
۵۱	۳-۵- تاریخچه کاربرد GIS در مدل‌های هیدرولوژی
۵۳	۳-۶- ضرورت انجام تحقیق
۶۷	۳-۷- خلاصه

فصل چهارم - معرفی مدل مورد استفاده در این تحقیق

مقدمه	.....	۶۹
۱-۴- کلیات	.....	۷۰
۲-۴- تجزیه و تحلیل داده های دبی	.....	۷۰
۳-۴- شدت باندگی	.....	۷۲
۴-۴- ضریب رواناب	.....	۷۳
۵-۴- زمان تمرکز	.....	۷۴
۱-۵-۴- روش کریچ	.....	۷۴
۲-۵-۴- روش سازمان حفاظت خاک آمریکا	.....	۷۵
۳-۵-۴- روش برانزبی- ویلیامز	.....	۷۵
۶-۴- خلاصه	.....	۷۶

فصل پنجم - مشخصات حوضه آبریز مورد مطالعه

مقدمه	.....	۷۸
۱-۵- تقسیم بندی ریزتر برای حوضه های آبریز کشور	.....	۷۹
۱-۱-۵- حوضه آبخیز دریای خزر	.....	۷۹
۲-۱-۵- حوضه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان	.....	۷۹
۳-۱-۵- حوضه آبخیز دریاچه ارومیه	.....	۷۹
۴-۱-۵- حوضه آبخیز دریاچه نمک قم	.....	۸۰
۵-۱-۵- حوضه آبخیز اصفهان و سیرجان	.....	۸۰
۶-۱-۵- حوضه آبخیز نیریز یا بختگان	.....	۸۱
۷-۱-۵- حوضه آبخیز جازموریان	.....	۸۱
۸-۱-۵- حوضه آبخیز دشت کویر	.....	۸۱
۹-۱-۵- حوضه آبخیز کویر لوت	.....	۸۱
۱۰-۱-۵- حوضه آبخیز اردستان و یزد و کرمان	.....	۸۲
۱۱-۱-۵- حوضه آبخیز صحرای قره قوم	.....	۸۲
۱۲-۱-۵- حوضه آبخیز هامون	.....	۸۲
۲-۵- رودخانه های جاری در منطقه	.....	۸۶
۱-۲-۵- رودخانه اترک	.....	۸۶
۲-۲-۵- رودخانه آزاد رود	.....	۸۶
۳-۲-۵- رودخانه اسپه رود	.....	۸۷
۴-۲-۵- رودخانه بابل رود	.....	۸۷
۵-۲-۵- رودخانه پلور	.....	۸۷

۸۸	۵-۲-۶- رودخانه تجن
۸۸	۵-۲-۷- رودخانه جعفرآباد
۸۹	۵-۲-۸- رودخانه چالکروود
۸۹	۵-۲-۹- رودخانه چالوس
۹۰	۵-۲-۱۰- رودخانه چشمه کیله
۹۰	۵-۲-۱۱- رودخانه خیررود
۹۱	۵-۲-۱۲- رودخانه سرداب رود
۹۱	۵-۲-۱۳- رودخانه سرمه رود
۹۱	۵-۲-۱۴- رودخانه سیاه رود
۹۲	۵-۲-۱۵- رودخانه شیررود
۹۲	۵-۲-۱۶- رودخانه صفارود
۹۲	۵-۲-۱۷- رودخانه طالار
۹۳	۵-۲-۱۸- رودخانه قرن آباد
۹۳	۵-۲-۱۹- رودخانه کاظم رود
۹۳	۵-۲-۲۰- رودخانه کسلیان
۹۳	۵-۲-۲۱- رودخانه کنس رود
۹۴	۵-۲-۲۲- رودخانه کورکورسر
۹۴	۵-۲-۲۳- رودخانه گرگان
۹۵	۵-۲-۲۴- مشخصات برخی از زیرحوضه های آبریز تیل آباد- نوده
۹۵	۵-۲-۲۴-۱- دشت زردابه: قطعه T-1
۹۵	۵-۲-۲۴-۲- خوش بیلاق: قطعه T-2
۹۶	۵-۲-۲۴-۳- تیل آباد: قطعه T-3
۹۶	۵-۲-۲۴-۴- کاشیدار: قطعه T-4
۹۶	۵-۲-۲۴-۵- فارسین: قطعه T-5
۹۷	۵-۲-۲۴-۶- قشلاق: قطعه T-6
۹۷	۵-۲-۲۴-۷- نرگس چال: قطعه T-7
۹۷	۵-۲-۲۴-۸- وطن: قطعه T-8
۹۸	۵-۲-۲۴-۹- نوده: قطعه T-9
۹۸	۵-۲-۲۵- رودخانه گرمابدشت
۹۸	۵-۲-۲۶- رودخانه لاجیم
۹۸	۵-۲-۲۷- رودخانه لار
۹۹	۵-۲-۲۸- رودخانه لویج
۹۹	۵-۲-۲۹- رودخانه نور (ناتل رود)

۹۹	.....	۳۰-۲-۵- رودخانه نکا
۱۰۰	.....	۳۱-۲-۵- رودخانه نمارستاق
۱۰۰	.....	۳۲-۲-۵- رودخانه نور
۱۰۰	.....	۳۳-۲-۵- رودخانه هراز
۱۰۱	.....	۳-۵- پوشش گیاهی
۱۰۱	.....	۱-۳-۵- مناطق جنگلی
۱۰۱	.....	۲-۳-۵- نواحی مرتعی
۱۰۱	.....	۳-۳-۵- باغات و اراضی کشاورزی
۱۰۲	.....	۴-۵- مشخصات آب و هوایی
۱۰۳	.....	۱-۴-۵- توده های هوا (نیواری) و سیستم مؤثر بر منطقه
۱۰۳	.....	۲-۴-۵- میدان فشار و جریانات هوا
۱۰۴	.....	۱-۲-۴-۵- پرفشار سیبری در شمال شرق (زمستان)
۱۰۴	.....	۲-۲-۴-۵- پرفشار آزروس (زمستان)
۱۰۴	.....	۳-۲-۴-۵- پرفشار اطلس شمالی
۱۰۵	.....	۴-۲-۴-۵- کم فشار آسیایی (تابستان)
۱۰۵	.....	۳-۴-۵- توده های هوا
۱۰۵	.....	۱-۳-۴-۵- در تابستان
۱۰۵	.....	۲-۳-۴-۵- در زمستان
۱۰۶	.....	۵-۵- پارامترهای جوی
۱۰۶	.....	۱-۵-۵- بارندگی (ریزشهای جوی)
۱۰۸	.....	۲-۵-۵- بارندگی سالانه و ماهانه
۱۰۹	.....	۶-۵- ریخت شناسی و زمین شناسی
۱۳۱	.....	۷-۵- خلاصه

فصل ششم - نتایج و بحث

۱۳۳	.....	مقدمه
۱۳۴	.....	۱-۶- تجزیه و تحلیل دبی
۱۳۸	.....	۲-۶- تجزیه و تحلیل شدت بارندگی
۱۴۱	.....	۳-۶- تجزیه و تحلیل ضرایب رواناب
۱۵۴	.....	۴-۶- بررسی منابع خطا
۱۵۵	.....	۵-۶- بررسی اعتبار طرح
۱۵۹	.....	۶-۶- نتیجه گیری
۱۶۰	.....	۷-۶- نظرات و پیشنهادات

۳	چگونگی تشکیل سیلاب در رابطه با بارندگی ، نگهداشت و نفوذ.....	(۱-۱)
۱۴	منحنی نفوذ هورتن و هیتوگراف.....	(۲-۱)
۱۵	نمایی از شاخص ϕ	(۳-۱)
۲۱	رابطه بین بارش - رواناب سالانه.....	(۱-۲)
۲۴	منحنی تغییرات مقادیر جمع شده باران، سیلاب سطحی مجموع نگهداشت و نفوذ بر حسب زمان.....	(۲-۲)
۲۴	منحنی تغییرات سیلاب در رابطه با بارش در حوضه آبریز با توجه به CN.....	(۳-۲)
۳۲	تعیین حداکثر دبی سیلاب حوضه آبخیز با روش تجربی کریگر به صورت منحنی‌های پوش.....	(۴-۲)
۴۶	پیشرفتهای مفهومی و تکمیلی.....	(۱-۳)
۴۷	اجزای اصلی سخت افزار یک GIS.....	(۲-۳)
۴۸	اجزای اصلی نرم افزار یک GIS.....	(۳-۳)
۴۸	اجزاء پایگاه اطلاعات جغرافیایی.....	(۴-۳)
۴۹	جنبه های سازمانی GIS.....	(۵-۳)
۵۴	نمودار میزان خسارات سیل پنجاه ساله کشور.....	(۶-۳)
۸۰	زیرحوضه های مختلف ایران و منطقه مورد مطالعه.....	(۱-۵)
۱۰۲	نقشه پوشش گیاهی حوضه آبخیز اترک.....	(۲-۵)
۱۱۰	وضعیت آب و هوایی ایران و منطقه مورد نظر.....	(۳-۵)
۱۱۰	خطوط هم میزان بارش کشور و منطقه مورد نظر.....	(۴-۵)
۱۱۱	وضعیت کاربری اراضی ایران و منطقه مورد نظر.....	(۵-۵)
۱۱۷	شبکه هیدروگرافی رودخانه اترک.....	(۶-۵)
۱۱۸	شبکه هیدروگرافی رودخانه های استان گلستان.....	(۷-۵)
۱۱۹	شبکه هیدروگرافی رودخانه های گرگان و قره سو.....	(۸-۵)
۱۲۰	شبکه هیدروگرافی رودخانه های آبریز ساحلی مازندران.....	(۹-۵)
۱۲۴	موقعیت ایستگاههای آبسنجی و ثبات بارندگی منطقه مورد مطالعه.....	(۱۰-۵)
۱۲۴	نقشه شبکه آبراهه های زیرحوضه فارسین.....	(۱۱-۵)
۱۲۵	نقشه شبکه آبراهه های حوضه آبریز تیل آباد.....	(۱۲-۵)
۱۲۶	نقشه جهت زیر حوضه فارسین.....	(۱۳-۵)
۱۲۶	نقشه حوضه آبریز مسیل های دشت و رباط قره بیل از سرشاخه های رودخانه مادر سر.....	(۱۴-۵)
۱۲۷	نقشه حوضه آبخیز رودخانه های نکا و دارابکلا.....	(۱۵-۵)
۱۲۸	نقشه موقعیت رودخانه های استان گلستان.....	(۱۶-۵)
۱۲۹	نقشه حوضه گرگانرود.....	(۱۷-۵)
۱۳۰	نقشه حوضه آبریز رودخانه اترک.....	(۱۸-۵)
۱۴۷	مقایسه بین ضرایب رواناب سه ایستگاه سنگ ورزش، کسلیان و کلارآباد.....	(۱-۶)
۱۴۷	موقعیت ایستگاههای آبسنجی و ثبات بارندگی منطقه مورد مطالعه.....	(۲-۶)

- (۳-۶) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره برگشت ۲ سال در بخشی از حوضه آبریز شماره یک ایران..... ۱۴۸
- (۴-۶) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره برگشت ۵ سال در بخشی از حوضه آبریز شماره یک ایران..... ۱۴۹
- (۵-۶) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره برگشت ۱۰ سال در بخشی از حوضه آبریز شماره یک ایران..... ۱۵۰
- (۶-۶) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره برگشت ۲۵ سال در بخشی از حوضه آبریز شماره یک ایران..... ۱۵۱
- (۷-۶) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره برگشت ۵۰ سال در بخشی از حوضه آبریز شماره یک ایران..... ۱۵۲
- (۸-۶) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره برگشت ۱۰۰ سال در بخشی از حوضه آبریز شماره یک ایران..... ۱۵۳
- (۹-۶) مقایسه بین دبی مشاهده ای و محاسبه ای از روش های استدلالی - احتمالی و چاو و با دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال در ایستگاه تقی آباد (رودخانه جعفرآباد)..... ۱۵۷
- (۱۰-۶) مقایسه بین دبی مشاهده ای و محاسبه ای از روش های استدلالی - احتمالی و چاو و با دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال در ایستگاه امامزاده (رودخانه قرن آباد)..... ۱۵۷
- (۱۱-۶) مقایسه بین دبی مشاهده ای و محاسبه ای از روش های استدلالی - احتمالی و چاو و با دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال در ایستگاه شیرآباد (سیاهرود)..... ۱۵۸

۱۰.....	مقادیر ضرایب ثابت a و b و n.....	(۱-۱)
۲۸.....	تخمین وضعیت رطوبت پیشین خاک.....	(۱-۲)
۳۰.....	تعیین مقدار CN.....	(۲-۲)
۳۱.....	وضعیت هیدرولوژیکی مراتع بر حسب شدت چرا و تراکم پوشش گیاهی.....	(۳-۲)
۳۱.....	نفوذ پذیری خاکها.....	(۴-۲)
۳۲.....	مقدار ضریب C در روش کریگر.....	(۵-۲)
۳۳.....	تعیین مقدار پارامتر حوضه $\left(\frac{Q_{max}}{Q_D}\right)$ در روش فولر.....	(۶-۲)
۳۵.....	ضریب رواناب بر اساس شرایط آب و هوایی منطقه.....	(۷-۲)
۳۶.....	ضریب رواناب رابطه استرینچ بر اساس شرایط مختلف حوضه و بارش.....	(۸-۲)
۳۷.....	تعیین رواناب روزانه (جدول استرینچ).....	(۹-۲)
۴۱.....	ضریب رواناب در رابطه استدلالی.....	(۱۰-۲)
۵۵.....	میزان خسارت وارده از سیلاب به ۲۰۸ دشت در کشور.....	(۱-۳)
۷۱.....	وضعیت ایستگاههای آبنجی و ارزیابی آنها.....	(۱-۴)
۸۳.....	فهرست و مشخصات کلی رودخانه های کشور.....	(۱-۵)
۱۰۷.....	میانگین تعداد کم فشارهای باران زایی که از مناطق مختلف به شمال کشور می‌رسند.....	(۲-۵)
۱۱۱.....	مشخصات حوضه های آبخیز در منطقه مورد مطالعه.....	(۳-۵)
۱۱۲.....	خصوصیات فیزیکی زیرحوضه های واحدهای مطالعاتی حوضه اترک.....	(۴-۵)
۱۱۳.....	مشخصات فیزیکی حوضه آبریز گرگانرود.....	(۵-۵)
۱۱۳.....	مشخصات ایستگاههای هیدرومتری حوضه گرگانرود.....	(۶-۵)
۱۱۴.....	مشخصات فیزیکی آبریز رودخانه های استان گلستان.....	(۷-۵)
۱۱۵.....	عوامل فیزیوگرافیکی و هیدرولوژیکی حوضه های آبریز بالادست سد گرگان.....	(۸-۵)
۱۱۶.....	مشخصات شاخه بندی رودخانه های حوضه آبخیز منطقه مورد مطالعه.....	(۹-۵)
۱۱۶.....	خصوصیات فیزیوگرافی حوضه سد گلستان.....	(۱۰-۵)
۱۱۷.....	درجه بندی شاخه های رودخانه های حوضه سد گلستان.....	(۱۱-۵)
۱۱۷.....	مشخصات ایستگاههای ثبات بارندگی.....	(۱۲-۵)
	نتایج دبی با دوره های بازگشت مختلف (متر مکعب بر ثانیه) و سایر پارامترهای آماری حاصل از اجرای برنامه کامپیوتری TR برای ایستگاههای آبنجی مورد تحقیق.....	(۱-۶)
۱۳۶.....	نتایج دبی با دوره های بازگشت مختلف (متر مکعب بر ثانیه) و سایر پارامترهای آماری حاصل از اجرای برنامه کامپیوتری TR برای ایستگاههای آبنجی مورد تحقیق.....	(۲-۶)
۱۳۶.....	نتایج دبی با دوره های بازگشت مختلف (متر مکعب بر ثانیه) و سایر پارامترهای آماری حاصل از اجرای برنامه کامپیوتری TR برای ایستگاههای آبنجی مورد تحقیق.....	(۳-۶)
۱۳۷.....	نتایج برآورد بر اساس توزیع برازش شده مقادیر سیلاب ایستگاههای آبنجی با دوره های برگشت مختلف بر اساس مناسب ترین توزیع برازش شده.....	(۴-۶)
۱۳۷.....	پارامترهای آماری و آبدهی حداکثر لحظه ای با دوره های برگشت مختلف برای ایستگاههای آبنجی مورد تحقیق.....	(۵-۶)

۱۳۹	مقادیر شدت- مدت- فراوانی در ایستگاه آق فلا (میلی متر بر ساعت).....	۶-۶
۱۳۹	مقادیر شدت- مدت- فراوانی در ایستگاه بابل (میلی متر بر ساعت).....	۷-۶
۱۳۹	مقادیر شدت- مدت- فراوانی در ایستگاه بهشهر (میلی متر بر ساعت).....	۸-۶
۱۴۰	مقادیر شدت- مدت- فراوانی در ایستگاه ساری (میلی متر بر ساعت).....	۹-۶
۱۴۰	مقادیر شدت- مدت- فراوانی در ایستگاه فاضل آباد (میلی متر بر ساعت).....	۱۰-۶
۱۴۰	مقادیر شدت- مدت- فراوانی در ایستگاه قلعه جیق (میلی متر بر ساعت).....	۱۱-۶
۱۴۰	مقادیر شدت- مدت- فراوانی در ایستگاه گرگان (میلی متر بر ساعت).....	۱۲-۶
۱۴۴	مقادیر آبدهی متوسط و ضریب جریان در محل ایستگاههای آبسنجی و نقاط مورد نظر.....	۱۳-۶
	برآورد ضریب جریان، دبی ویژه و ارتفاع رواناب در محل ایستگاههای آبسنجی استان گلستان.....	۱۴-۶
۱۴۵	مقادیر ضریب C برای استفاده در فرمول استدلالی.....	۱۵-۶
	ضرایب رواناب با دوره های بازگشت مختلف برای زیرحوضه های مختلف منطقه مورد تحقیق.....	۱۶-۶
۱۴۶	نتایج مربوط به محاسبات ایستگاه تقی آباد بر روی رودخانه جعفر آباد.....	۱۷-۶
۱۵۶	نتایج مربوط به محاسبات ایستگاه امامزاده بر روی رودخانه قرن آباد.....	۱۸-۶
۱۵۶	نتایج مربوط به محاسبات ایستگاه شیرآباد بر روی رودخانه سیاهرود.....	۱۹-۶

فصل اول
روان‌ناج و عوامل
مؤثر بر آن

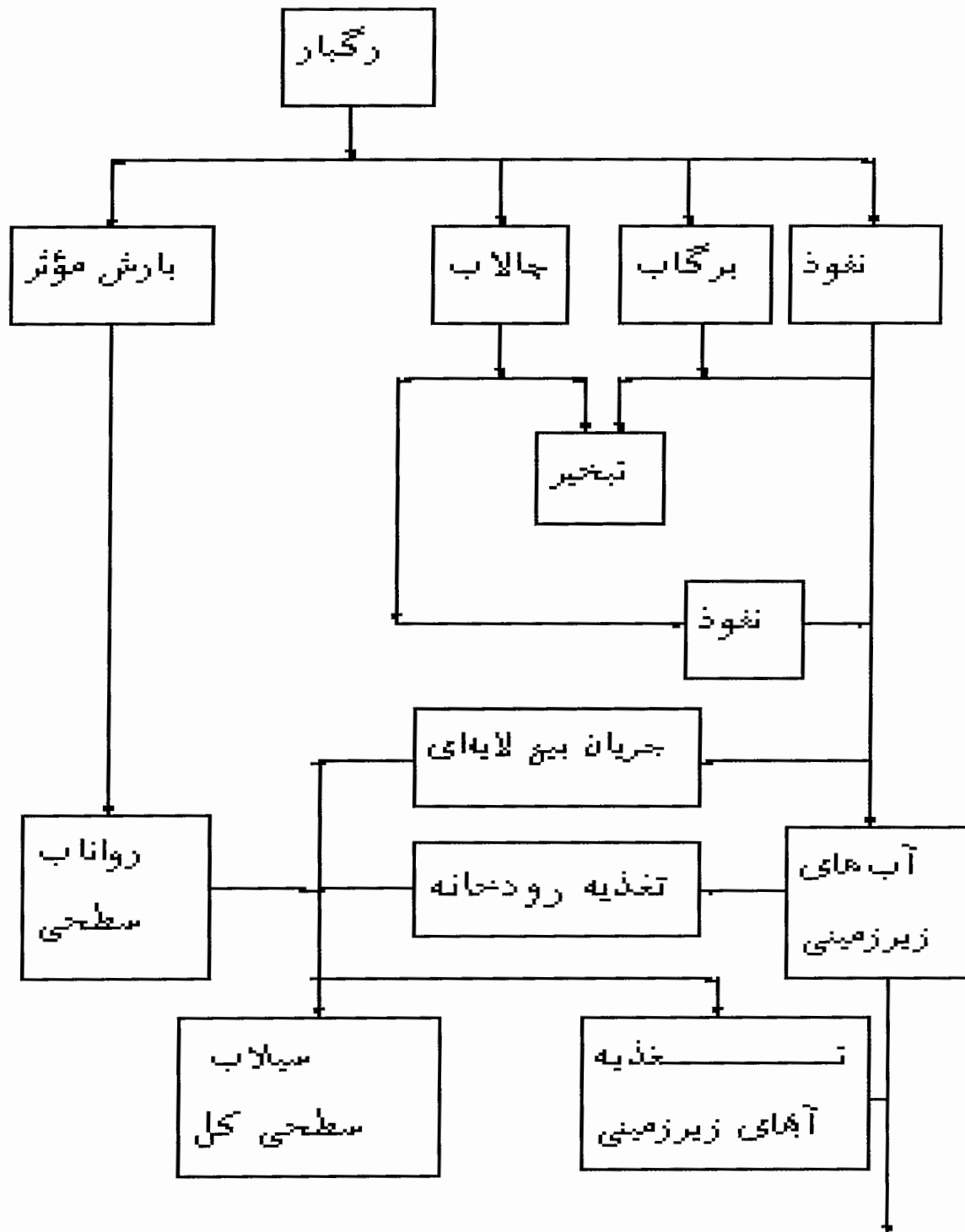
رواناب و عوامل مؤثر بر آن

مقدمه

رواناب به آن قسمت از نزولات جوی گفته می‌شود که بصورت جریان سطحی یا زیر سطحی بطرف آبراهه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و اقیانوسها به راه می‌افتد. ولی بطور معمول این اصطلاح فقط برای جریانهای سطحی بکار می‌رود. رواناب‌ها یا سیلابها در مسیر رودخانه از مجموعه جریانهای سطحی، آبهای زیرزمینی و چشمه‌ها تشکیل می‌شود. آن قسمت از بارش که بصورت جریان سطحی در می‌آید، به عنوان بارش مؤثر و تفاوت بین مقدار بارش کل و بارش مؤثر، بازداشت مؤثر نامیده می‌شود.

بطور کلی هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد بخشی از آب حاصله از بارندگی در سطح حوضه باقی می‌ماند. این آب پس از پر کردن گودیه‌های سطح زمین در امتداد شیب به راه می‌افتد و از طریق رودخانه اصلی از حوضه خارج می‌شود. به این بخش از بارندگی، جریان سطحی یا رواناب سطحی می‌گویند. بطور خلاصه وضعیت بارش و چگونگی ایجاد رواناب در شکل (۱-۱) نمایش داده شده است [۲۶].

کوشش‌های زیادی به عمل آمده تا رابطه‌ای بین مقدار بارش، شامل باران و برف و حجم سیلاب تولیدی یا رواناب حوضه آبریز به دست آید. اما متأسفانه نتایج بدست آمده چندان رضایتبخش نبوده است و این امر به علت پیچیدگی رابطه بین بارش و سیلاب است. در هر حال در طرحهای آبی لازم است که به نحوی از مقدار بارش به مقدار رواناب دست یافت.



شکل (۱-۱) چگونگی تشکیل سیلاب در رابطه با بارندگی، نگهداشت و نفوذ [۲۶]

۱-۱- سیکل رواناب و عوامل مؤثر در تشکیل آن

پدیده رواناب به طبیعت تولید آن بستگی تام دارد و سیکل رواناب را می‌توان به صورت مراحل زیر بررسی نمود :

مرحله اول ، به دوره خشک یا بی باران، در یک مدت طولانی، پیش از شروع بارندگی مربوط می‌شود. در این وضعیت سطح آبهای زیرزمینی شروع به پایین افتادن می‌نماید و با پایین افتادن سطح آب زیرزمینی جریان های ثقلی به رودخانه وارد نمی‌گردد، رودخانه خشک می‌شود [۲۶].

در دومین مرحله، مدت زمان اولیه بارش مورد توجه قرار می‌گیرد. هنگامی که بارش آغاز می‌گردد مقدار آن به بخش های مختلفی تقسیم می‌شود مقداری از آن به صورت نفوذ، سهمی دیگر به صورت برگاب و نگهداشت های سطحی در می‌آید. تا هنگامی که نفوذ، برگاب و نگهداشت های سطحی به حد معینی نرسیده باشد، رواناب اتفاق نمی‌افتد و رواناب در حد ناچیز و کمی نسبت به بارش مشاهده می‌شود. البته این امر در مورد سطوح غیر قابل نفوذ حوضه آبریز از قبیل کوهپایه‌های سنگی و بدون گیاه صادق نمی‌باشد [۲۶].

در مرحله سوم، ادامه بارش در شدت های مختلف مدّ نظر می‌باشد. در ابتدا نزولات آسمانی به صورت نفوذ، برگاب و نگهداشت ادامه پیدا کرده و چالاب ها نیز سهمی از بارش را دریافت می‌کنند و آب های نفوذی خاک را اشباع می‌نماید و جریان بین لایه‌ای به طرف خط القعر دره یا مسیل جریان، حرکت می‌کند. در چهارمین مرحله، چالاب‌ها کاملاً پر گشته و مقدار نفوذ به حد ثابت خود می‌رسد و مقداری از اضافه بارش به صورت جریان سطحی ظاهر می‌شود. پنجمین مرحله، از زمان اضافه بارش تا خاتمه بارش ادامه پیدا می‌کند و کلیه اضافه بارش به صورت رواناب سطحی در می‌آید در این مرحله احتمال دارد که جریان ثقلی، چشمه ها، آب‌های زیرزمینی و جریان‌های بین لایه‌ای به حجم سیلاب رودخانه کمک نماید [۲۶].

عواملی را که در تشکیل رواناب دخالت دارند بطور اختصار به صورت زیر تقسیم بندی می‌نمایند :

۱-۱-۱- عوامل مربوط به ریزشهای جوی

بارش نتیجه تمامی فعل و انفعالات جوی است یا به عبارتی، بارش یک منطقه پاسخ جو است به عوامل اقلیمی آن منطقه، بارش معمولاً به دو صورت باعث ایجاد رواناب می‌شود. یکی بصورت بارندگی است که بسته

به شدت، مدت، توزیع مکانی و زمانی، تناوب وقوع بارندگی، جهت حرکت رگبار و رطوبت خاک، خصوصیات رواناب فرق خواهد کرد. دوم رواناب حاصل از ذوب برف است که برف هنگام ریزش معمولاً ایجاد رواناب نمی‌کند. ولی در موقع ذوب باعث ایجاد جریان سطحی می‌شود.

۱-۱-۲- عوامل مربوط به خصوصیات حوضه آبریز

حوضه آبریز به مساحتی از یک منطقه اطلاق می‌شود، که رواناب حاصل از بارندگی‌هایی که روی آن می‌بارد تماماً به طور طبیعی به نقطه واحدی به نام نقطه تمرکز هدایت شود [۱۸]. اگر بارش یک منطقه پاسخ جو به عوامل اقلیمی آن منطقه باشد می‌توان گفت سیلاب نیز پاسخ حوضه آبریز به ریزشهای جوی می‌باشد. برای یک رگبار با شرایط ثابت، در حوضه های مختلف، سیلابهای با خصوصیات متفاوت واقع می‌گردد زیرا عواملی هم چون اندازه و شکل حوضه آبریز، ارتفاع حوضه، جهت حوضه، توزیع و پراکندگی مسیلهای فرعی و اصلی، شیب مسیل اصلی و شیب عمومی در سطح حوضه آبریز و دره های مجاور و نیز گودالها و حوضچه طبیعی در سطح حوضه و یا در مسیل جریان، تاثیر زیادی در مقدار رواناب خواهد گذاشت.

۱-۱-۳- عوامل مربوط به زمین شناسی حوضه آبریز

تاثیر وضعیت زمین شناسی حوضه را می‌توان در چگونگی جریان از بین لایه های خاک، جریان بین لایه ای و یا جریان سفره های آبی به داخل رودخانه جستجو نماییم. این امر به قابلیت نفوذ، نفوذپذیری و ضریب آبگذاری (T,K) بستگی دارد. وجود لایه های غیر قابل نفوذ در عمق کم زمین، جریان بین لایه ای را که به طرف رودخانه حرکت می‌کند افزایش می‌دهد و با نفوذ پذیری زیاد خاک مقدار جریان سطحی رودخانه را کاهش می‌دهد. اگر سطح حوضه از یک طبقه غیر قابل نفوذ پوشیده شده باشد، جریان سطحی افزایش می‌یابد و از این طریق در مقدار رواناب مؤثر واقع می‌شود [۲۶].

۱-۲- فرآیند رواناب سطحی

لازمه ایجاد رواناب تأمین نیازهای تبخیر، برگاب، ذخیره گودالی و نفوذ است بنابراین لازم است که توضیح مختصری در مورد هر یک داده شود.

۱-۲-۱- تبخیر

منظور از تبخیر فرآیندی است، که توسط آن آب از حالت مایع یا جامد به حالت گاز یا اصطلاحاً بخار در می‌آید. و به صورتهای مختلف از سطح خاک، سطح آب داخل گودالها، سطح کانالها و رودخانه ها، دریاچه ها و... صورت می‌گیرد. و بدینوسیله سهم قابل ملاحظه ای از بارش را بخود اختصاص می‌دهد روشهای مختلفی برای تعیین مقدار تبخیر پیشنهاد شده است که بصورت زیر بیان می‌گردد.

۱-۱-۲-۱- تعیین مقدار تبخیر با استفاده از طشتک تبخیر

متداول ترین، ساده ترین و عملی ترین روش تعیین مقدار تبخیر استفاده از طشتک تبخیر است. منظور از طشتک تبخیر یک ظرف استوانه ای شکل است که معمولاً از آهن گالوانیزه بدون رنگ ساخته شده، که آن را از آب پر نموده، در معرض تابش اشعه خورشیدی قرار می‌دهند و مقدار تبخیر را بر حسب ارتفاع اندازه می‌گیرند. مقدار تبخیر روزانه از اختلاف ارتفاع آب در روز قبل و روز اندازه گیری، با توجه به تصحیحی که برای بارندگی (اگر در روز اندازه گیری، بارندگی اتفاق افتاده است ارتفاع بارش را به اختلاف ارتفاع اضافه می‌نمایند) لازم است محاسبه گردد [۲۶].

۱-۲-۱-۲- تعیین مقدار تبخیر با استفاده از روش بیلان آب

اساس کار در این روش اندازه گیری تبخیر، بر فرمول ساده بقای جرم بنا شده است. برای درک فرمول بقای جرم در این مورد بخصوص، باید یک سیستمی را فرض نمود که با انحاء مختلف آب به سیستم وارد یا از آن خارج می‌گردد. در اثر تبخیر همواره مقداری آب از سیستم خارج می‌گردد، لذا اگر تمامی عوامل موجود در فرمول بقای جرم معلوم باشد، از تفاوت آب ورودی و خروجی با توجه به مقدار آب ذخیره شده در سیستم

مقدار تبخیر بدست می آید [۲۶].

اگر جریان ورودی سطحی را با I ، جریان خروجی سطحی را با O ، آب خروجی خالص را از طریق تراوشهای عمیق با O_g ، بارش را با P ، و میزان ذخیره را با S نمایش دهیم، بر طبق رابطه پیوستگی خواهیم داشت [۲]:

$$E = (S_1 - S_2) + I + P - O - O_g \quad (1-1)$$

که در آن E میزان تبخیر و شاخصهای S_1 و S_2 معرف میزان ذخیره در زمانهای ۱ و ۲ می باشند. کلیه کمیت‌های فوق بر حسب واحد حجم بر زمان تعریف شده اند و برای فاصله زمانی کمتر از یک هفته قابل اجرا نیستند.

۱-۲-۱-۳- تعیین مقدار تبخیر با روش بیلان انرژی

روش بیلان انرژی^۱ یک روش تجربی است و بطور اصولی با روش بیلان آب مشابه بوده، تنها تفاوت آن با روش قبلی در این است که بر اساس بقای انرژی بنا شده است، در این روش بجای حجم آب مقادیر انرژی که به سیستم وارد و یا از سیستم خارج می شود مورد توجه قرار می گیرد. چون در فرآیند تبخیر مقداری از انرژی سیستم صرف تبخیر می گردد، انرژی از بخش های دیگر کاهش می یابد. لذا می توان با استفاده از معادله تعادل انرژی مقدار انرژی را که برای ایجاد تغییر بکار رفته است بدست آورد و سپس آن را به ارتفاع آب تبخیر شده تبدیل نمود. فرمولی که در این رابطه بیان شده به صورت زیر می باشد [۲۶].

$$E_s - (E_r + E_b + E_h + E_e) = E_o - E_v \quad (1-2)$$

که انرژی های ورودی و خروجی از سیستم عبارتند از :

E_s = معرف اشعه با طول موج کوتاه است که از خورشید به سطح آب می رسد

E_r = اشعه با طول موج کوتاه که منعکس می گردد.

^۱ - Energy budget

E_b = معرف مقدار انرژی خالصی است که در نتیجه تبادل انرژی بین جو و حجم آب بصورت اشعه با

طول موج بلند از سیستم خارج می‌شود.

E_{H_1} = مقدار انرژی است که از حجم آب به صورت گرما به جو منتقل می‌شود.

E_e = مقدار انرژی است که صرف تبخیر آب می‌شود.

E_o = افزایش انرژی ذخیره در حجم آب می‌باشد.

E_v = مقدار انرژی خالصی که از مجموع جبری انرژی ورودی یا خروجی به حجم آب بدست می‌آید.

واحد اندازه گیری انرژی های فوق بر حسب کالری بر سانتیمتر مربع سطح آب انتخاب شده است. حال

برای تعیین ارتفاع تبخیر از فرمول (۱-۳) بهره گرفته می‌شود و مقدار تبخیر از فرمول زیر بدست می‌آید :

$$E_e = \frac{E_s - (E_r + E_b + E_o + E_v)}{\rho H_v (1 + R)} \quad (1-3)$$

در این فرمول E_e مقدار تبخیر بر حسب سانتیمتر، ρ جرم مخصوص آب، H_v گرمای نهان آب، R ضریبی است که به عنوان ضریب باون نامیده می‌شود و مقدار آن از طریق فرمول بدست می‌آید و سایر مقادیر فوق توسط فرمول های خاصی که ارائه شده محاسبه می‌شوند [۲].

۱-۲-۴- تعیین مقدار تبخیر با روش انتقال جرم

بطور کلی این روش بر اساس انتقال آشفته^۱ بخار آب از سطح تبخیر شونده به اتمسفر استوار می‌باشد. معادلات تئوری و تجربی فراوانی در این زمینه پیشنهاد شده است. اغلب آنها تشابه زیادی با معادله تبخیری، که اولین بار توسط دالتون^۲ پیشنهاد شده است، دارند [۲۶]:

$$E = K. (e_o - e_a) \quad (1-4)$$

که در آن:

E = ضریب تبخیر مستقیم

^۱ - Turbulent transfer

^۲ - Dalton

$K =$ ضریبی که به سرعت باد، فشار جو و عوامل دیگر بستگی دارد.

$e_a, e_0 =$ فشار بخار اشباع در دمای سطح آب و فشار بخار هوا

مشکل عمده در استفاده از این روش، عدم دسترسی به وسایل اندازه گیری مدرن جهت تهیه اطلاعات مورد نیاز است [۲].

۱-۲-۱-۵- تعیین مقدار تبخیر با روش های تجربی

در بعضی از نقاط کشور به علت عدم وجود ایستگاههای هواشناسی، دسترسی به آمار و ارقامی که بتوان از آنها در تعیین مقدار تبخیر کمک گرفت. مشکل و یا تقریباً محال است. لذا سعی شده است تا با استفاده از فرمول های تجربی و با در دست داشتن یک یا چند عامل آب و هوایی، به تخمینی از مقدار تبخیر دست یابند و در طرح های آبی از آن استفاده نمایند. بسیاری از فرمول های تجربی بر اساس تبادل انرژی و انتقال جرم بنا شده است [۲۶].

۱-۲-۲-۱- برگاب^۱

مقدار بارانی که عملاً به سطح زمین می‌رسد تا حد زیادی به نوع و تراکم پوشش گیاهی بستگی دارد. بخشی از بارندگی بدون هیچگونه مانعی مستقیماً به سطح زمین برخورد می‌نماید. و بخشی دیگر توسط شاخ و برگ گیاهان گرفته می‌شود که به آن برگاب گفته می‌شود [۱۸].

برگاب ممکن است جذب گیاه شده و یا آنکه مستقیماً از سطح گیاه تبخیر شود. از نقطه نظر فیزیکی فرآیند برگاب را می‌توان با توجه به شرحی که هورتن ارائه داده، خلاصه نمود. تقریباً تمامی قطرات باران در آغاز بارش، که به برگ درختان تصادم می‌کند، در روی برگ پوشش گیاهی باقی می‌ماند و به صورت یک لایه نازک آب سطح رویی، فرو رفتگی ها و لبه برگها را می‌پوشاند. پس از آنکه انباشت آب در سطح برگها به حد کافی رسید و قطرات بزرگ آب تشکیل گردید، نیروی ثقل بر نیروی کشش سطحی غالب می‌آید و قطرات باران پایین می‌افتد و از برگی به برگ دیگر تا اینکه به سطح زمین می‌رسد [۲، ۲۶]. حال اگر بارندگی

^۱ - Interception

فصل اول- رواناب و عوامل مؤثر بر آن

ادامه یابد، دیگر گیاهان قادر به ذخیره باران بیشتر نبوده و در نتیجه مقدار بارانی که به سطح گیاه می‌خورد، مستقیماً به سطح زمین می‌رسد. هنگامی که باران متوقف می‌گردد برگاب ذخیره در روی گیاه باقی می‌ماند به تدریج تبخیر می‌شود تا سطح برگ به خشکی نسبی برسد [۲۶].

تلفات برگاب قسمتی از باران است که در روی برگهای درختان می‌ماند و به وسیله تبخیر به جو باز می‌گردد. تلفات برگاب، معمولاً تابعی از خصوصیات باران، پوشش گیاهی، تراکم آن و فصل ریزش باران می‌باشد. در جنگلهای انبوه گیرش تا ۲۵ درصد بارندگی نیز می‌رسد. یکی از فرمولهایی که برای تعیین مقدار برگاب ارائه شده است بصورت زیر می‌باشد [۲۶،۴۱]:

$$P_i = a + bP^n \quad (1-5)$$

a و b و n ضرایب ثابتی هستند که برای انواع پوشش گیاهی در جدول (۱-۱) داده شده است. توجه n ارتفاع گیاه بر حسب فوت و P_i و P بر حسب اینچ حجم می‌باشد.

جدول (۱-۱) مقادیر ضرایب ثابت a و b و n [۲۶].

a	b	n	نوع پوشش گیاهی
۰/۰۴	۰/۱۸	۱	درختان (orchards)
۰/۰۲	۰/۱۸	۱	درخت زبان گنجشک (Ash)
۰/۰۴	۰/۱۸	۱	درخت راش، در جنگل (Beech)
۰/۰۵	۰/۱۸	۱	درخت بلوط، در جنگل (Oak)
۰/۰۴	۰/۱۸	۱	درخت افرا، در جنگل (Willow)
۰/۰۲	۰/۴	۱	درخت بید (Pine Woods)
۰/۰۵	۰/۲	۰/۵	درخت کاج و صنوبر
۰/۰۲	۰/۱۵	۱	باقلا، سیب زمینی، کلم و سایر و غلات کوچک
۰/۰۰۵	۰/۰۸	۱	شیدر و چمن
۰/۰۱	۰/۱	۱	یونجه، ارزن و ...
۰/۰۰۵	۰/۰۵	۱	حبوبات، جاودار، گندم و جو
۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۱	غلات

از میزان کل برگاب، در مناطق مختلف آمار فراوان در دست است، ولی، این آمار را نمی‌توان در مناطقی غیر منطقه مورد آزمایش بکار گرفت [۲].

۱-۲-۳- چالاب

بعد از آنکه فرآیند برگاب به اتمام رسید و قطرات باران به سطح زمین رسید، عمل چالاب^۱ اتفاق می‌افتد، منظور از چالاب بخشی از باران است که چاله‌های کوچک و بزرگ، قسمتهای گود سطح زمین حوضه آبریز و یا مسیر نهرها و رودخانه‌ها، گودالهای کوچک و شیارهای موجود در اراضی کشاورزی حوضه آبریز را فرا می‌گیرد. در واقع این حجم آب حاصل از بارش، در سطح جریان پیدا نمی‌کند و از این رو سیلابهای سطحی را تشکیل نمی‌دهد [۲۶]. بارش بعد از پر کردن چالابها در سطح خاک جریان می‌یابد و جریان سطحی را که قابل اندازه‌گیری در ایستگاه اندازه‌گیری دبی می‌باشد بوجود می‌آورد. در عمل برای اندازه‌گیری و محاسبه مقدار آب جمع شده در گودالها، از رابطه زیر استفاده می‌شود [۴۱].

$$V = S_d(1 - e^{-kP_e}) \quad (1-6)$$

V = حجم ذخیره واقعی در هر زمان

S_d = حداکثر ظرفیت ذخیره گودالی

P_e = بارش اضافی (کل بارش منهای تبخیر، برگاب و نفوذ)

K = یک ضریب ثابت معادل با $\frac{1}{S_d}$

میزان تقریبی S_d را می‌توان با اندازه‌گیری نمونه‌هایی از حوضه تعیین کرد سپس، می‌توان با استفاده از

بارش اضافی، P_e ، و همراه با اطلاعات کسب شده در مورد S_d ، مقدار V را تخمین زد [۴۱].

^۱ - Depression storage

۱-۲-۴- نفوذ

جریان آب از سطح زمین به داخل آن را نفوذ^۱، و شدت این عمل را شدت نفوذ می‌نامند. نقش میزان و شدت نفوذ در توزیع، مقدار، و زمان جریان سطحی موثر می‌باشد. به همین دلیل تخمین دقیق میزان نفوذ، قبل از به کار گرفتن هر مدلی، در هر حوضه لازم و ضروری است [۲].

همانطور که بیان شد تمامی بارش باریده بر سطح حوضه تبدیل به رواناب نمی‌گردد. مقداری از نزولات جوی توسط عواملی چون برگاب، اشباع خاک و ذخیره گودالی متوقف شده و جزء تلفات محسوب می‌گردند. این بخش از تلفات به تلفات اولیه^۲ معروف است. بخش باقیمانده باران به سطح زمین رسیده و به دو جزء نفوذ و جریان سطحی تقسیم می‌شود. در مورد تلفات اولیه بارندگی، اطلاعات کمی در دست است [۲۰].

بررسی این پارامترها برای مساحت کوچک یک آبخیز شاید عملی باشد، ولی در یک حوضه آبریز با مساحتی بالغ بر دهها کیلومتر مربع امکان پذیر نمی‌باشد. بنابراین از این بخش تلفات اکثراً صرفنظر می‌شود و تلفات بارندگی صرفاً معادل آب نفوذ یافته منظور می‌شود.

روابط و فرمولهای متعددی برای نفوذ بارش به داخل خاک توسط محققین پیشنهاد و ارائه شده است. از این روابط می‌توان به نظرات هورتن، هولتان، فیلیپ و کوستیاکف و گرین - آمپت و... اشاره کرد. هر کدام از این فرمولها دارای ضرایب ثابتی هستند که مقدار آنها یا تابعی از خصوصیات حوضه آبریز (از قبیل پوشش گیاهی، نحوه استفاده از اراضی، تشکیلات زمین شناسی) یا تابعی از شرایط اولیه رطوبتی خاک و زمان نزول باران می‌باشد و بطور مسلم فرمولی که پارامترهای بیشتری داشته باشد، در صورتیکه بتوان مقدار آنها را بطور مناسب تخمین زد و یا محاسبه نمود دقیق تر و کاملتر است.

۱-۲-۴-۱- معادله هورتن

هورتن^۳ یک معادله ریاضی برای منحنی تقریبی ظرفیت نفوذ به شرح زیر ارائه داد [۱۹،۴۱،۴۲].

$$f_p = f_e + (f_0 - f_c) \cdot e^{-k \cdot t} \quad (1-7)$$

¹ - Infiltration

² - Initial losses

³ - Horton

f_p = سرعت نفوذ در هر لحظه

f_0 = سرعت نفوذ در ابتدای زمان (زمان $t=0$)

f_c = سرعت نهایی نفوذ، وقتی $t = \infty$ باشد.

K = عدد ثابتی که بسته به نوع خاک متغیر است.

t = زمان از شروع نفوذ

با انتگرال گیری از معادله هورتن نفوذ تجمعی در زمان t_p به صورت زیر بیان می گردد :

$$F(t_p) = \int_0^{t_p} f_p dt = f_c \cdot t_p + \frac{f_0 - f_c}{k} \cdot (1 - e^{-k \cdot t_p}) \quad (1-8)$$

F = نفوذ تجمعی در زمان t_p

۱-۲-۴-۲- معادله فیلیپ

فیلیپ^۱ فرمول زیر را پیشنهاد نمود .

$$f_p = \frac{b \cdot t^{\frac{-1}{2}}}{2} + a \quad (1-9)$$

a و b ضرایب تجربی هستند که برای هر خاک جداگانه بدست می آید.

که با انتگرال گیری از آن مقدار کل نفوذ، در طول مدت زمان بارش پیدا می شود [۲۶].

$$F = b \cdot t^{\frac{-1}{2}} + a \cdot t \quad (1-10)$$

۱-۲-۴-۳- معادله گرین - آمپت

با استفاده از قانون دارسی و مفهوم اندازه حرکت معادله گرین - آمپت^۲ بدست آمده است که میزان نفوذ

پتانسیل و نفوذ تجمعی به صورت زیر تعریف می شوند [۲۹]:

^۱ - Philip

^۲ - Green - Ampt

$$f = K \cdot \left(\frac{\Psi \cdot \Delta \Theta}{F} + 1 \right) \quad (1-11)$$

$$F - \Psi \cdot \Delta \Theta \cdot L \left(1 + \frac{F}{\Psi \cdot \Delta \Theta} \right) = K \cdot t \quad (1-12)$$

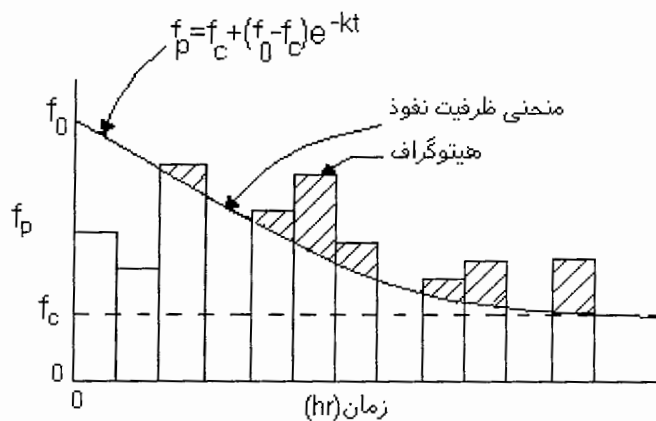
Ψ = هد مکش (پتانسیل ماتریک در جبهه رطوبت)

f = نفوذ پتانسیل

F = نفوذ تجمعی

$\Delta \Theta$ = اختلاف رطوبت اولیه و ثانویه خاک

L = عمق جبهه تر



شکل (۲-۱) منحنی نفوذ هورتن و هیتوگراف [۴۱]

۱-۲-۴-۴- معادله هولتان

معادله دیگری برای ظرفیت نفوذ توسط هولتان^۱ توسعه پیدا کرد [۱۸].

$$f = a \cdot S_a^{1.4} + f_c \quad (1-13)$$

که f = ظرفیت نفوذ $\left(\frac{in}{hr} \right)$

a = ظرفیت نفوذ $\left[\frac{in/hr}{in} \right]$ از ذخیره قابل دسترس

^۱ - Holton

S_a = ذخیره قابل دسترس در لایه سطحی

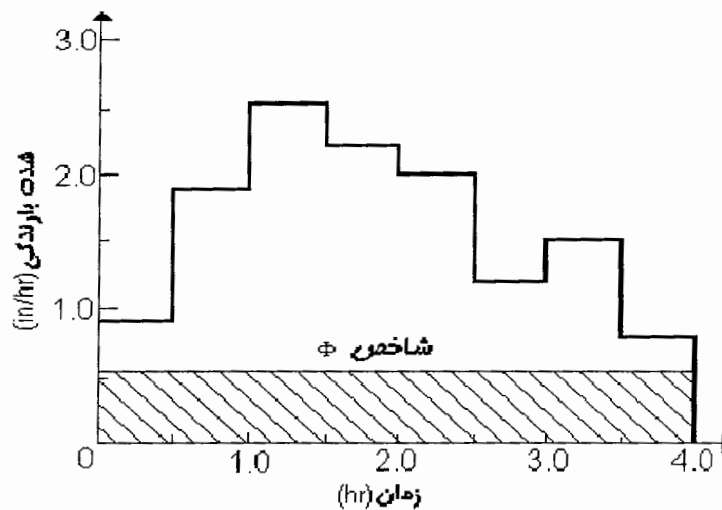
f_c = نرخ ثابت نفوذ بعد از مرطوب شدن طولانی ($\frac{in}{hr}$)

۱-۲-۴-۵- شاخص های نفوذ

منظور از شاخص های نفوذ^۱ عبارت است از شاخص هایی، که مقدار متوسط نفوذ را در یک دوره یک بارش شدید نشان می دهد. از طرفی چون مقدار نفوذ در ابتدای بارش زیاد و به تدریج با ادامه بارش کم می شود، شاخص نفوذ، که به عنوان متوسط نفوذ در طول بارش، انتخاب شده، از مقدار نفوذ واقعی در آغاز بارش، به مراتب کمتر و در انتهای بارش به مراتب بیشتر است. در واقع استفاده از شاخص های نفوذ به علت اشکالات نظری که در راه رسیدن به مقدار نفوذ واقعی وجود دارد، مورد بررسی قرار گرفته است و لذا استفاده از این شاخص برای بارش های شدید کاملاً جنبه تجربی دارد [۲۶]. ساده ترین نوع شاخص، به شرح زیر می باشد.

شاخص Φ

شاخص Φ عبارت از: «متوسط شدت نفوذ از متوسط شدت بارشی است که حجم بارش بیشتر از این شاخص، با حجم سیلاب یا آبدوی برابر است». در واقع حجم باران بر شاخص Φ با حجم سیلاب خروجی از سیستم، مساوی است. شاخص Φ ، از رابطه زمان و شدت بارندگی استخراج می شود، شکل (۱-۳) [۲۶].



شکل (۱-۳) نمایی از شاخص Φ [۴۱]

^۱ - Infiltration indexes

۱-۳- خلاصه

رواناب به آن قسمت از نزولات جوی گفته می‌شود که بصورت جریان سطحی و جریان زیر سطحی بطرف آبراهه‌ها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و اقیانوسها به راه می‌افتد و عوامل مؤثر بر آن شامل عوامل مربوط به ریزشهای جوی، خصوصیات حوضه آبریز و عوامل مربوط به زمین شناسی حوضه آبریز هستند.

لازمه ایجاد رواناب سطحی تامین نیازهای تبخیر، برگاب و ذخیره گودالی و نفوذ است. از طرفی تمامی باران باریده بر سطح حوضه تبدیل به رواناب نمی‌گردد. مقداری توسط عواملی چون برگاب، اشباع خاک و ذخیره گودالی متوقف شده و به تلفات اولیه معروف است که در اکثر حوضه‌های آبریز صرفنظر می‌شود و تلفات بارندگی صرفاً معادل آب نفوذ یافته منظور می‌گردد. روشهای مختلفی برای تخمین رواناب پیشنهاد شده است که در فصل دوم به آن اشاره می‌شود.

فصل دوم

روشهای تخمین رواناب

حوضه آبریز

روشهای تخمین رواناب حوضه آبریز

مقدمه

جریانهای سطحی به دلیل اهمیتی که در کارهای آبی با طرح های ساختمانی سدها و بندها و آبروها، زهکشی، طرح شبکه های آب و فاضلاب و... دارند لازم است که مورد بررسی قرار گیرند و ارتباط آنها با بارش که یکی از عوامل مهم است، مشخص شود. و از طرفی رابطه بین بارش و رواناب بسیار پیچیده است و بستگی به عواملی از قبیل مشخصات بارش، شرایط رطوبتی قبلی حاکم بر حوضه و مشخصات خود حوضه دارد. بدلیل پیچیدگیهای موجود، که اغلب اوقات با کمبود اطلاعات و آمار کافی نیز همراه است روابط تجربی و تقریبی فراوانی برای تخمین میزان رواناب حاصله از بارشها پیشنهاد شده است، که در این فصل روابط بین بارش و رواناب به طور مختصر تشریح خواهد شد.

۲-۱- انواع سیلاب سطحی یا رواناب

رواناب ها را به اشکال زیر طبقه بندی می نمایند [۲۶]:

۲-۱-۱- رواناب آبراهه ای^۱

در هنگام ریزش باران مقداری آب به جریان رودخانه اضافه می شود و یا اگر رودخانه خشک و با سطح غیر قابل نفوذ باشد، جریان شروع می شود و در تمام طول باران ادامه می یابد. مقدار آن به شدت بارندگی بستگی دارد ولی بطور کلی چندان توجهی به آن نمی شود. این جریان ناچیز سطحی به رواناب آبراهه ای معروف است [۲۶].

۲-۱-۲- رواناب سطحی^۲

این گونه رواناب هنگامی اتفاق می افتد که شدت بارندگی از میزان نگهداشت کل (مجموع برگاب، چالاب، نفوذ) بیشتر باشد. رواناب های سطحی در سطح خاک حوضه آبریز جریان می یابد، تا اینکه به رودخانه می رسد.

تندی و مقدار این نوع رواناب به عوامل بیشماری از جمله شدت و دوره زمانی بارش، خشک، نیمه خشک، مرطوب بودن مسیر، وضعیت توپوگرافی، شیب، پوشش گیاهی محیط و بالاخره نوع خاک ارتباط پیدا می کند [۲۶].

۲-۱-۳- رواناب های زیر سطحی^۳

پس از شروع بارش مقداری از آب باران به داخل خاک نفوذ می کند. اما به علت شیب سطح زمین این آب پیش از آنکه به آب های زیرزمینی متصل شود، در جهت شیب زمین، در زیر لایه سطحی خاک، روان می گردد و

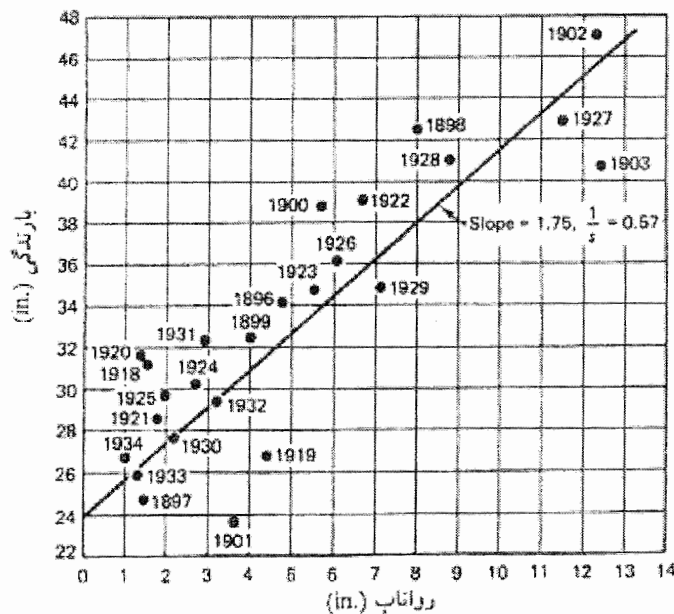
¹ - Channel runoff

² - Surface runoff

³ - Subsurface flow

۲-۳- تخمین رواناب از بارش با استفاده از شاخص بارش پیشین

یکی از پارامترهایی که در روش قبل اثرات آن منظور نشده است و می‌توان آن را بعنوان متغیر سومی در نظر گرفت مقدار رطوبت اولیه حوضه است. هنگام شروع بارش، تعیین شرایط رطوبتی خاک، در سرتاسر حوضه، عملاً مقدور نیست گرچه می‌توان رطوبت خاک را با دقت کافی در یک نقطه تعیین کرد، ولی به علت تفاوت‌های احتمالی اطلاع از میزان رطوبت خاک در جهات مختلف، ضروری است [۲۶،۴۱].



شکل (۲-۱) رابطه بین بارش - رواناب سالانه [۱۸،۴۱].

بارش قبلی پارامتر دیگری است که می‌توان از آن به عنوان شاخصی برای تعیین نسبی رطوبت خاک استفاده کرد. آخرین بارش، حتی اگر هیچ اثری بر روی جریان رودخانه نداشته باشد در افزایش میزان رطوبت خاک سهم زیادی دارد [۲]. فرمولی که می‌تواند شاخص بارش پیشین^۱ را بیان کند، به صورت زیر بیان می‌گردد [۲۶،۴۱].

^۱ - Antecedent precipitation index

$$P_a = a.P_0 + b.P_1 + c.P_2 \quad (2-2)$$

$$P_a = \text{شاخص بارش پیشین (API)}$$

$$P_0, P_1, P_2 = \text{مقادیر بارش در طی امسال، سال گذشته و دو سال پیش}$$

a, b, c ضرایبی هستند که به وسیله سعی و خطا و از طریق بهترین همبستگی بین سیلاب و P_a بدست می‌آیند. کمیت این ضرایب مجموعاً برابر یک است. آقایان Linsley , Kohler برای یک رگبار مجرد مقدار P_a را به شرح زیر بیان می‌نمایند [۴۱]:

$$P_a = b_1.P_1 + b_2.P_2 + \dots + b_t.p_t \quad (2-3)$$

که اندیس های ۱، ۲، ... و t معرف روزهای قبل از رگبار است. عامل b که کمتر از واحد است، تابعی از زمان وقوع بارش های قبل از رگبار می‌باشد. مقادیر ضرایب را می‌توان با تکنیک همبستگی بین سیلاب و P_a تعیین نمود. در ارزیابی روزانه شاخص API، مقدار b_t توسط فرمول زیر به t ارتباط پیدا می‌کند.

$$b_t = K^t \quad (2-4)$$

K ضریبی است که معمولاً بین ۰/۹۸ - ۰/۸۵ متغیر است. رابطه بین مقدار اولیه API با (Pa_0) با مقدار API در t روز جلوتر یا (Pa_1) به وسیله فرمول (۲-۵) بیان می‌شود.

$$Pa_t = Pa_0.K^t \quad (2-5)$$

که اگر $t = 1$ روز باشد، $Pa_1 = KPa_0$ می‌گردد.

۲-۴- تخمین رواناب از بارش در روش SCS

یکی از روشهای تخمین مقدار سیلاب یا رواناب یک حوضه استفاده از مقدار ریزش است که از سالها پیش مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان یک راه مناسب و معتبر شناخته شده و به روش SCS¹ معروف می‌باشد. در این روش از شدت و مدت ریزش به عنوان عامل موثر صرف نظر شده و فقط مقدار ریزش در طول مدت زمانی معین دارای اهمیت می‌باشد. برای مثال اگر مقدار باران در یک یا دو بارش در مدت ۲۴ ساعت معلوم باشد، سعی می‌شود که مقدار جریان آب حاصل از این ریزش را تعیین نمود بدون اینکه شدت بارش و یا طول مدت ریزش مورد توجه قرار گیرد، اگر داده‌های مربوط به یک بارش بزرگ و مقدار رواناب کل سطحی در یک حوضه آبریز در دست باشد، می‌توان منحنی تغییرات مقادیر جمع شده بارش، رواناب سطحی کل و مجموع جذب اولیه^۲ و مقدار نفوذ (مجموع آبهای بازداشته و چالاب‌ها) را بر حسب زمان رسم نمود، شکل (۲-۲). برای اینکه تخمین مقدار رواناب ساده تر شود، چنین فرض می‌شود که جذب اولیه I_a ، مقدار باران برجا مانده در سطح حوضه آبریز می‌باشد و ریزش بیشتر از آن مقدار منجر به رواناب می‌گردد [۱].

بررسی اجمالی منحنی تغییرات مقادیر جمع شده بارش و مقادیر جمع شده رواناب یا رواناب های سطحی نشان می‌دهد که سیلاب سطحی از هنگامی شروع می‌شود، که مقدار ریزش از حد معینی افزونتر باشد. این امر به دلیل همان جذب اولیه باران به علت برگاب و چالاب است. همچنین این بررسی نشان دهنده وجود خط مجانب برای منحنی بوده که در سیستم مختصات حسابی و با اختیار فواصل مساوی، این خط با زاویه ۴۵ درجه نسبت به محورها قرار می‌گیرد. از این منحنی برای تعیین فرمول مقدار رواناب استفاده می‌گردد. معمولاً این رابطه را وقتی که باران و رواناب هم زمان شروع می‌شوند در نظر می‌گیرند [۱].

رابطه بین ریزش و رواناب سطحی با توجه به منحنی تغییرات ریزش و رواناب شکل (۲-۳)، به صورت زیر نوشته می‌شود.

¹ - علامت اختصاری SCS از (Soil Conservation Service) اداره حفاظت خاک اخذ شده است.

² - Initial absorption

$$\frac{F}{S_1} = \frac{Q}{P}$$

(۲-۶)

F = بازداشت سطحی واقعی

S_1 = ماکزیمم بازداشت سطحی بالقوه

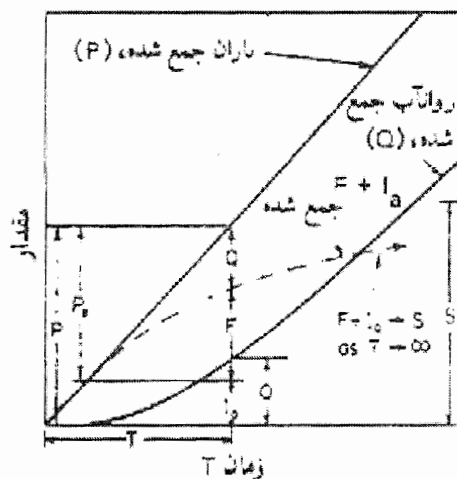
P = حداکثر ظرفیت تشکیل سیلاب یا رواناب سطحی

Q = مقدار عملی رواناب یا سیلاب

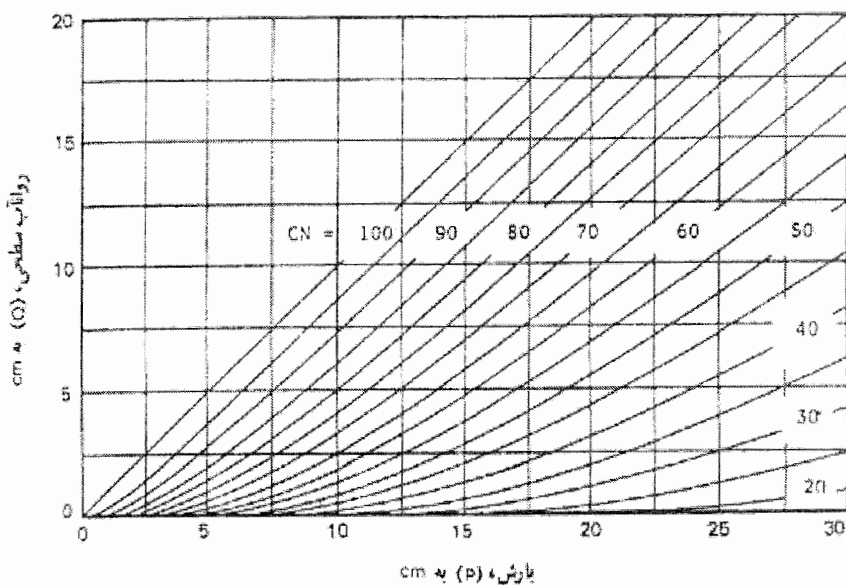
کلیه پارامترهای فوق هم واحد هستند.

این فرمول برای آبریزهای کوچک صادق است ولی برای آبریزهای بزرگ همواره یک تفاوت زمانی بین

سیلاب و ریزش در محل ایستگاه اندازه گیری سیلاب مشاهده می شود.



شکل (۲-۲) منحنی تغییرات مقادیر جمع شده باران، سیلاب سطحی مجموع نگهداشت و نفوذ بر حسب زمان [۱]



شکل (۳-۲) منحنی تغییرات سیلاب در رابطه با بارش در حوضه آبریز با توجه به CN [۱]

فصل دوم - روشهای تخمین رواناب حوضه آبریز

پارامتر S_1 در رابطه فوق، شامل جذب اولیه نیست مقدار S_1 برای یک رگبار مشخص ثابت است، زیرا مقدار حداکثر بازداشت سطحی است که در شرایط موجود و در صورت تداوم رگبار اتفاق خواهد افتاد. حال آنکه مقدار F که حاصل تفریق P و Q در هر نقطه از منحنی مجموع است، متغیر می‌باشد.

$$F = P - Q \quad (2-7)$$

بنابراین رابطه (2-6) را می‌توان به صورت زیر نوشت :

$$\frac{(P - Q)}{S_1} = \frac{Q}{P} \quad (2-8)$$

و بدین ترتیب مقدار سیلاب Q از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = \frac{P^2}{P + S_1} \quad (2-9)$$

در رابطه فوق از جذب اولیه صرف‌نظر شده است. حال می‌توان جذب اولیه را نیز، با کم کردن آن از مقدار بارش در معادله گنجانده. بنابراین رابطه (2-6) به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (2-10)$$

که در آن I_a عبارت از جذب اولیه، $F \leq S$ و $Q \leq P - I_a$ پارامتر S شامل I_a نیز هست و به بیان دیگر $S = S_1 + I_a$ در این حالت رابطه (2-7) به شکل زیر تغییر داده می‌شود :

$$F = (P - I_a) - Q \quad (2-11)$$

و به همین ترتیب رابطه (۲-۱۰) به صورت زیر اصلاح می‌شود.

$$\frac{[(P - I_a) - Q]}{S} = \frac{Q}{(P - I_a)} \quad (2-12)$$

و رابطه (۲-۱۲) به صورت زیر در می‌آید :

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{[(P - I_a) + S]} \quad (2-13)$$

معادله (۲-۱۳) بیانگر رابطه بارش - رواناب حوضه‌ای است که مقدار جذب اولیه نیز در آن منظور شده است. براساس آمار تجربی باران و رواناب چندین حوضه کوچک، رابطه‌ای بین I_a و S تهیه گردیده است. این رابطه تجربی به صورت زیر است :

$$I_a = 0.2S \quad (2-14)$$

با استفاده از رابطه (۲-۱۴) رابطه (۲-۱۳) به صورت زیر در می‌آید :

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (2-15)$$

معادله (۲-۱۵) رابطه بارش - رواناب است که در روش اداره حفاظت خاک آمریکا برای تخمین رواناب حاصله از رگبارها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در رابطه فوق روشن است که مقدار S معلوم نیست و باید از طریق بررسی خاک پوشش حوضه مشخص گردد.

۲-۴-۱- تخمین مقدار ظرفیت نگهداشت (S)

مقدار (S) به عوامل زیادی از جمله پوشش گیاهی خاک، نوع خاک و درجه رطوبت خاک قبل از بارش و به نحوه بهره برداری از اراضی و وضعیت خاک در سطح از نظر نفوذپذیری و در داخل خاک از نظر انتقال^۱ بستگی دارد [۲۳].

^۱ - Transmission

بارندگیهای متوالی مقدار S را کاهش داده چون فرصتی به خاک برای هوا خوردن و زهکشی و تبخیر و تعرق نمی‌دهد و در نتیجه برای S یک مقدار حداقل و یک مقدار حداکثر وجود دارد که بستگی به رطوبت قبلی خاک دارد و این وابستگی با وضعیت رطوبت پیشین^۱ خاک در حالت های ۱، ۲ و ۳ خلاصه می‌شود.

۲-۱-۴-۱- وضعیت رطوبت پیشین خاک در حالت اول

در این حالت خاک حوضه آبریز کاملاً خشک است تا آنجا که عملیات کشاورزی از قبیل کاشت، داشت و برداشت کاملاً امکان پذیر است. در این حالت مقدار S حداکثر بوده و مقدار رواناب در پایین ترین حد خود می‌باشد. زیرا در هنگام بارش، مقداری از باران به صورت نگهداشت در سطح حوضه آبریز باقی می‌ماند و لذا حالت (AMCI) یا گروه شرایط پیشین رطوبتی) کمترین پتانسیل تولید جریان سطحی را دارد [۲۳].

۲-۱-۴-۲- وضعیت رطوبت پیشین خاک در حالت دوم

در این وضعیت خاک حوضه آبریز پیش از وقوع بارش کاملاً خشک نیست و لذا در هنگام بارش مقدار کمتری از باران به صورت نگهداشت در سطح حوضه آبریز و مسیر جریان می‌ماند و از این رو سهم جریان رودخانه از ریزشهای آسمانی افزایش یابد. در واقع این حالت شرایط متوسطی را از نظر رطوبت پیشین خاک به وجود می‌آورد و در نتیجه از نظر رواناب نیز می‌توان حد متوسط پتانسیل رواناب را برای آن در نظر گرفت [۲۳].

۲-۱-۴-۳- وضعیت پیشین خاک در حالت سوم

در این حالت خاک تقریباً اشباع بوده و (S) کمترین مقدار خود را داشته و توان تولید رواناب زیادی دارد. عامل دیگری نیز که باید در نظر گرفته شود فعال یا غیر فعال بودن عمل تعرق است که می‌تواند رطوبت خاکها را تا حدی کاهش دهد، بنابراین فصل رشد و یا خواب گیاهی نیز باید ملحوظ گردد. شرایط رطوبت قبلی خاک را می‌توان از جدول (۱-۲) و براساس مجموع بارندگی در طی مدت ۵ روز قبل از روز مورد نظر به دست آورد [۲۳].

با توضیحات ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که رابطه بین S با رطوبت خاک را می‌توان به عدد منحنی

رواناب CN ارتباط دارد در این حالت :

^۱ - Antecedent Moisture Condition

$$S = \frac{2500}{CN} - 25 \quad \text{سیستم متریک} \quad (2-16)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \text{سیستم انگلیسی} \quad (2-17)$$

که روابط اخیر را می توان به صورت منحنی شکل (۲-۳) نشان داد. مقدار CN با توجه به پوشش سطح خاک و وضعیت هیدرولوژیکی و گروه هیدرولوژیکی خاک از جدول (۲-۲) قرائت می شود. وضعیت هیدرولوژیکی و گروه هیدرولوژیکی خاک به صورت زیر تشریح می شود.

جدول (۱-۲) تخمین وضعیت رطوبت پیشین خاک [۲۳]

مجموع بارندگی ۵ روز قبل (mm)		گروه شرایط پیشین رطوبتی
فصل رشد	فصل خواب	AMC
کمتر از ۳/۶	کمتر از ۱/۳	I
۳/۶ تا ۵/۳	۱/۳ تا ۲/۸	II
بیشتر از ۵/۳	بیشتر از ۲/۸	III

۲-۴-۱-۴- وضعیت هیدرولوژیکی

وضعیت هیدرولوژیکی بیانگر توان ایجاد رواناب در یک نقطه بوده و چنانچه این توان کم باشد شرایط هیدرولوژیکی خوب به حساب می آید. در اراضی کشاورزی، با توجه به نحوه کشت و عملیات اصلاحی دو وضعیت خوب و ضعیف در نظر گرفته می شوند. وضعیت هیدرولوژیکی در مراتع را می توان از راههای مختلفی تعیین نمود که جدول (۲-۳) بر حسب شدت چرا و تراکم پوشش گیاهی ارائه گردیده است [۲۳].

روش دیگری نیز برای تعیین وضعیت هیدرولوژیکی مراتع بر اساس تراکم پوشش گیاهی و وزن علوفه خشک در واحد سطح وجود دارد. خصوصیات هیدرولوژیکی در مراتع مشجر و بیشه زارها و مناطق جنگلی بستگی به عواملی مانند درصد پوشش، ارتفاع لاشبرگ، ضخامت و نوع هوموس، شدت چرا و شدت بهره برداری که در این مورد نیز جداولی موجود می باشد.

خصوصیات خاک روی تحول و پیدایش رواناب اثر داشته و باید در محاسبات مربوطه به آن در نظر گرفته شود. هنگامی که رواناب ناشی از یک رگبار جهت مطالعه سیلابها مورد مطالعه باشد خصوصیات خاک می تواند با یک عامل هیدرولوژیکی بیان گردد که حداقل سرعت نفوذپذیری در حالت مرطوب بودن طولانی مدت خاک می باشد. تمام خاکها بر اساس پتانسیل ایجاد رواناب در یک گروه چهارتایی تقسیم بندی شده که هر گروه می تواند در صورت نیاز به دقت بیشتر، به زیر گروههایی تقسیم شود. گروههای اصلی خاک تعیین شده توسط SCS عبارتند از [۲۳، ۴۱، ۴۲]:

گروه A - (پتانسیل ضعیف تولید رواناب) خاکهایی با شدت نفوذپذیری بالا حتی هنگامی که کاملاً مرطوب هستند، دارای زهکشی خوبی بوده و آبگذری بالایی داشته و خاکهای شنی و قلوه سنگی عمیق را شامل می گردند.
گروه B - خاکهایی با شدت نفوذپذیری متوسط هنگامی که مرطوب هستند. خاکهایی که عمیق بوده و زهکشی متوسط تا خوب داشته و بافت آنها نسبتاً ریز تا متوسط می باشد. آبگذری آنها متوسط بوده و توانایی متوسطی از نظر تولید رواناب دارند.

گروه C- خاکهایی با نفوذ پذیری کم وقتی که مرطوب هستند عمدتاً همراه با لایه ای که مانع نفوذ آب به قسمت های پایین تر می گردد و یا دارای بافت ریز تا نسبتاً ریز بوده و ضریب آبگذری کمی دارند، توانایی تولید رواناب آنها نسبتاً زیاد است.

گروه D- خاکهایی با نفوذ پذیری کم هنگامی که خیس هستند و عمدتاً شامل خاکهای رسی، خاکهایی با یک سفره آب بالا و دائمی، خاکهایی با لایه های سخت رسی در سطح و یا نزدیک آن و خاکهای کم عمق روی تشکیلات تقریباً غیر قابل نفوذ می باشند. این خاکها دارای قابلیت انتقال خیلی کم بوده و قسمتهای سنگی حوضه ها و جاده ها نیز شامل این گروه می گردند. در این گروه توانایی تولید رواناب زیادی وجود دارد. حدود نفوذ پذیری خاکها طبقه بندی شده در جدول (۲-۴) ارائه شده است.

چنانچه شرایط رطوبت پیشین خاک (AMC) از نوع I یا III باشد می توان با توجه به CN قرائت شده از جدول (۲-۲) که مربوط به شرایط رطوبت پیشین خاک (AMC) از نوع II می باشد عدد CN را به کمک روابط زیر تصحیح کرد [۷].

$$CN(I) = \frac{4.2.CN(II)}{10 - 0.058.CN(II)} \quad (۲-۱۸)$$

فصل دوم - روشهای تخمین رواناب حوضه آبریز

جدول (۲-۲) تعیین مقدار CN [۱].

گروه هیدرولوژیکی				وضعیت هیدرولوژیکی	نوع کشت و چگونگی آن	استفاده از زمین و پوشش آن
D	C	B	A			
۹۴	۹۱	۸۶	۷۷	ضعیف	خطوط نواری مستقیم	آیش، با کشت نواری قبلی
۹۱	۸۸	۸۱	۷۲	ضعیف	خطوط نواری مستقیم	گیاهان ردیفی
۸۹	۸۵	۷۸	۶۷	خوب	خطوط نواری مستقیم	
۸۸	۸۴	۷۹	۷۰	ضعیف	کشت روی خطوط تراز	
۸۶	۸۲	۷۵	۶۵	خوب	کشت روی خطوط تراز	
۸۲	۸۰	۷۴	۶۶	ضعیف	کشت روی خطوط تراز و تراس	
۸۱	۷۸	۷۱	۶۲	خوب	کشت روی خطوط تراز و تراس	
۸۸	۸۴	۷۶	۶۵	ضعیف	خطوط نواری مستقیم	گیاهان دانه ریز، حبوبات
۷۸	۸۳	۷۵	۶۳	خوب	خطوط نواری مستقیم	
۸۵	۸۲	۷۴	۶۳	ضعیف	کشت روی خطوط تراز	
۸۴	۸۱	۷۳	۶۱	خوب	کشت روی خطوط تراز	
۸۲	۷۹	۷۲	۶۱	ضعیف	کشت روی خطوط تراز و تراس	
۸۱	۷۸	۷۰	۵۹	خوب	کشت روی خطوط تراز و تراس	
۸۹	۸۵	۷۷	۶۶	ضعیف	خطوط نواری مستقیم	گیاهان خانواده لگومینوز، چمنزار و مرغزار
۸۵	۸۱	۷۲	۵۸	خوب	خطوط نواری مستقیم	
۸۵	۸۳	۷۵	۶۴	ضعیف	کشت روی خطوط تراز	
۸۳	۷۸	۶۹	۵۵	خوب	کشت روی خطوط تراز	
۸۳	۸۰	۷۳	۶۳	ضعیف	کشت روی خطوط تراز و تراس	
۸۰	۷۶	۶۷	۵۱	خوب	کشت روی خطوط تراز و تراس	
۸۹	۸۶	۷۹	۶۸	ضعیف	طبیعی	مرتع با چراگاه
۸۰	۷۴	۶۱	۳۹	خوب	طبیعی	
۸۸	۸۱	۶۷	۷۴	ضعیف	روی خطوط تراز	
۸۳	۷۵	۵۹	۲۵	نامناسب	روی خطوط تراز	
۷۹	۷۰	۳۵	۶	خوب	روی خطوط تراز	
۷۸	۷۱	۵۸	۳۰	خوب		مرتع با چراگاه دائمی
۸۳	۷۷	۶۶	۴۵	ضعیف		
۷۹	۷۳	۶۰	۳۶	نامناسب		
۷۷	۷۰	۵۵	۲۵	خوب		
۸۶	۸۲	۷۴	۵۹			آبنیه مجاور مزارع
۸۹	۸۷	۸۲	۷۲			جاده‌های خاکی
۹۲	۹۰	۸۴	۷۴			جاده‌های با سطوح سخت

جدول (۲-۳) وضعیت هیدرولوژیکی مراتع بر حسب شدت چرا و تراکم پوشش گیاهی [۲۳].

وضعیت مرتع	وضعیت هیدرولوژیکی
چرای سنگین با پوشش کمتر از ۵۰ درصد	فقیر
چرای متوسط با پوشش بین ۵۰ تا ۷۵ درصد	متوسط
چرای سبک با پوشش بیش از ۷۵ درصد	خوب

جدول (۲-۴) نفوذ پذیری خاکها [۲۳].

گروه هیدرولوژیکی خاک	حداقل نفوذپذیری خاک mm/hr	حدود پیشنهادی حداقل نفوذپذیری mm/hr
A	۱۲/۷ تا ۷/۶۲	۱۰
B	۷/۶۲ تا ۳/۸۱	۶
C	۳/۸۱ تا ۱/۲۷	۳
D	۱/۲۷ تا ۰	۱

$$CN(III) = \frac{23.CN(II)}{10 - 0.13CN(II)} \quad (2-19)$$

۲-۵- روش کریگر

روش کریگر^۱ برای تعیین دبی حداکثر سیل در سطوح آبخیز کوچک و بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$Q = 46CA^{(0.894A^{-0.048})} \quad (2-20)$$

^۱ - Creager

فصل دوم - روشهای تخمین رواناب حوضه آبریز

که در این رابطه:

$$Q = \text{حداکثر دبی جریان سالانه بر حسب فوت مکعب بر ثانیه}$$

$$A = \text{مساحت حوضه بر حسب مایل مربع}$$

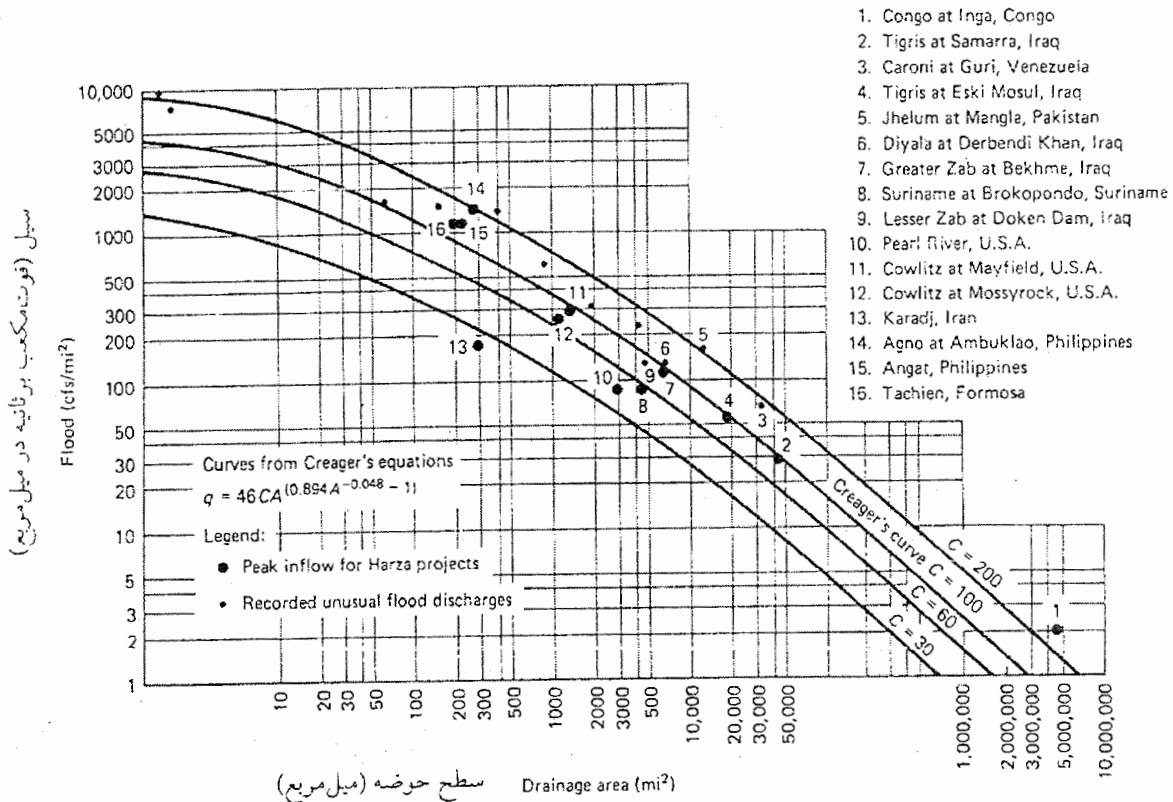
$$C = \text{ضریب حوضه}$$

به عنوان مثال در نواحی مختلف ایران مقدار ضریب C به شرح زیر تخمین زده می‌شود:

جدول (۲-۵) مقدار ضریب C در روش کریگر [۲۶].

C	ناحیه
۵۰-۶۰	دامنه‌های شمالی البرز و نواحی پرباران غرب زاگرس
۲۵-۳۰	دامنه‌های جنوبی البرز و نواحی شرق زاگرس
۲۰-۲۵	نواحی مرکزی کشور، مناطق کوهستانی
۵-۱۰	نواحی کویری یا مجاور کویر

در سیستم متریک، این روش بصورت منحنی‌های پوش شکل (۲-۴) درآمده است.



شکل (۲-۴) تعیین حداکثر دبی سیلاب حوضه آبخیز با روش تجربی کریگر به صورت منحنی‌های پوش [۲۶].

۲-۶- روش تجربی فولر

در بعضی از روشها عامل تناوب را نیز در مقدار حداکثر دبی سیلاب دخالت می‌دهند که روش فولر^۱ از جمله این روشها می‌باشد [۲۶]، روابط فولر در جهت رسیدن به حداکثر دبی سیلاب به شرح زیر می‌باشد:

$$Q_D = CA^{0.8} \quad (۲-۲۱)$$

$$Q_{\max} = Q_D(1 + 0.8 \text{Log} T) \quad (۲-۲۲)$$

$$Q_P = Q_{\max} (1 + 2.66A^{-0.3}) \quad (۲-۲۳)$$

که در این روابط:

Q_D = حداکثر دبی متوسط ۲۴ ساعته، بر حسب متر مکعب بر ثانیه

Q_{\max} = حداکثر دبی متوسط ۲۴ ساعته با دوره برگشت T سال، بر حسب متر مکعب بر ثانیه

Q_P = حداکثر سیل لحظه‌ای با دوره برگشت T سال، بر حسب متر مکعب بر ثانیه

فولر [۲۵] برای انواع مختلف سازه‌های آبی، فراوانی سیل را به شرح زیر پیشنهاد کرد:

جدول (۲-۶) تعیین مقدار پارامتر حوضه $\left(\frac{Q_{\max}}{Q_D}\right)$ در روش فولر [۲۵].

$\frac{Q_{\max}}{Q_D}$	نحوه و مقدار خسارات مورد انتظار در نتیجه خرابی سازه	نوع سازه آبی
۱/۵-۲	ناچیز	سازه‌های موقتی برای ایجاد ساختمان اصلی سازه آبی
۲-۳	ناچیز	سازه‌های آبی دائمی کم اهمیت
۲-۳	قابل ملاحظه	سازه‌های آبی موقت
۳-۵	خسارت مادی قابل ملاحظه	سازه‌های آبی دائمی
۵-۶	خسارت مادی و جانی	سازه‌های آبی دائمی و اصلی

^۱ - Fuller

این روش مقدار دبی سیلاب را بازای دوره برگشت بیشتر زیادتر از مقادیر واقعی نشان می‌دهد و در صورت امکان بهتر است از روشهای دیگر استفاده گردد.

۲-۷- روش جارویس - مایر^۱

از این روش برای تعیین حداکثر دبی سیلاب در امر سدسازی و ایجاد فراز بندها استفاده می‌گردد و فرمول آن بصورت زیر است [۲۶]:

$$Q = 175.6 \sqrt{A} \quad (2-24)$$

که در این رابطه:

Q = حداکثر دبی اوج سیلاب سالانه بر حسب متر مکعب بر ثانیه

A = سطح حوضه بر حسب کیلومتر مربع

چون ضریب حوضه در این روش ثابت فرض شده، لذا استفاده از آن بایستی با احتیاط صورت پذیرد.

۲-۸- جدول بارلو

بارلو^۲ [به نقل از ۱۱] در سال (۱۹۱۵) رابطه بین بارندگی و رواناب را در حوضه‌ای به وسعت ۱۳۰

کیلومتر مربع بصورت زیر ارائه کرد:

$$R = K.P \quad (2-25)$$

^۱ - Jarvis-Mayer

^۲ - Barlow

که در این رابطه:

K = ضریب رواناب است و بستگی به نوع آب و هوا و شرایط حوضه دارد، که در جدول (۷-۲) آمده

است.

P = مقدار بارندگی بر حسب سانتیمتر

R = مقدار رواناب بر حسب سانتیمتر

بدلیل اینکه این روش در یک مکان مشخص توسعه یافته است در مکانهای دیگر به سادگی قابل استفاده

نمی‌باشد، مجدداً باید در کاربرد آن احتیاط کرد.

جدول (۷-۲) ضریب رواناب بر اساس شرایط آب و هوایی منطقه [۱۱].

K			شرایط حوضه	ردیف
بارندگی زیاد	بارندگی متوسط	بارندگی کم		
۱۵	۱۰	۷	دشت و قابل کشت	۱
۱۸	۱۵	۱۲	دشت و تا حدودی قابل کشت	۲
۳۲	۲۰	۱۶	متوسط	۳
۶۰	۳۵	۲۸	کوهپایه و تا حدودی قابل کشت	۴
۸۱	۴۵	۳۶	کوهستانی	۵

۲-۹- جدول استرینچ

استرینچ^۱ [۱۱] نیز رابطه‌ای بر اساس مطالعات خود ارائه داده است:

$$R = K_s \cdot P$$

(۲-۲۶)

که در آن:

^۱ - Strange

فصل دوم - روشهای تخمین رواناب حوضه آبریز

$R =$ مقدار رواناب بر حسب سانتیمتر

$P =$ مقدار بارندگی بر حسب سانتیمتر

$K_S =$ ضریب رواناب که بستگی به شرایط حوضه و قضاوت کارشناسی دارد و در جدول (۸-۲) بیان

شده است.

جدول (۸-۲) ضریب رواناب رابطه استرینچ بر اساس شرایط مختلف حوضه و بارش [۱۱].

K _S (درصد)			مقدار بارندگی (سانتیمتر)
بد	متوسط	خوب	
۳/۱	۳/۲	۴/۳	۲۵
۷/۵	۱۱/۳	۱۵	۵۰
۱۳/۱	۱۹/۷	۲۶/۳	۷۵
۱۸/۷	۲۸	۳۷/۵	۱۰۰
۲۳/۸	۳۵/۷	۴۷/۶	۱۲۵
۲۹/۱	۴۴/۱	۵۸/۹	۱۵۰

البته استرینچ جدول (۲-۹) را نیز ارائه نموده است که توسط آن می توان هر واقعه بارندگی را به رواناب

سطحی تبدیل نمود.

۲-۱۰- روش منطقی یا استدلالی

این روش برای محاسبه سیلابهای شهری و کشاورزی می باشد. شکل کلی این روش بصورت زیر

است [۲۰، ۲۶، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۵، ۳۷]:

$$Q_p = F.C.i.A$$

(۲-۲۷)

که در آن:

فصل دوم- روشهای تخمین رواناب حوضه آبریز

Q_p = حداکثر آبدهی لحظه ای سیلاب بر حسب متر مکعب بر ثانیه

A = مساحت حوضه بر حسب هکتار

i = شدت متوسط بارندگی بر حسب میلیمتر بر ساعت که زمان تداوم آن معادل زمان تمرکز حوضه یا

بیشتر از آن است.

C = ضریبی موسوم به ضریب رواناب یا ضریب جریان سطحی است. این ضریب، نسبت آن بخش از بارندگی

که به رواناب تبدیل می شود را به میزان کل بارندگی نشان می دهد. مقادیر این ضریب در جدول (۲-۱۰) آمده است.

F = ضریب تبدیل واحد که در صورت کاربرد واحدهای فوق برابر است با 2.78×10^{-3} و در صورتیکه

مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع باشد برابر 0.278 خواهد بود.

جدول (۲-۹) تعیین رواناب روزانه (جدول استرینچ) [۲۲].

بارندگی روزانه (میلی متر)	خاک خشک		خاک متوسط		خاک مرطوب	
	درصد	میزان رواناب (میلی متر)	درصد	میزان رواناب (میلی متر)	درصد	میزان رواناب (میلی متر)
۵	-	-	۴	۰,۲	۷	۰,۳۵
۱۰	۱	۰,۱	۵	۰,۵	۱۰	۱
۲۰	۲	۰,۴	۹	۱,۸	۱۵	۳
۲۵	۳	۰,۷۵	۱۱	۲,۷۵	۱۸	۴,۵
۳۰	۴	۱,۲	۱۳	۳,۹	۲۰	۶
۴۰	۷	۲,۸	۱۸	۷,۲	۲۸	۱۱,۲
۵۰	۱۰	۵	۲۲	۱۱	۳۴	۱۷
۶۰	۱۴	۸,۴۶	۲۸	۱۶,۸	۴۱	۲۴,۶
۷۰	۱۸	۱۲,۶	۳۳	۲۵,۱	۴۸	۳۳,۶
۷۵	۲۰	۱۵	۳۷	۲۷,۷۵	۵۲	۴۱,۲۵
۸۰	۲۲	۱۷,۶	۳۹	۳۱,۲	۵۵	۴۴
۹۰	۲۵	۲۲,۵	۴۴	۳۹,۶	۶۲	۵۵,۸
۱۰۰	۳۰	۳۰	۵۰	۵۰	۷۰	۷۰

در صورتی که کاربری اراضی متنوع باشد، ضروری است که ضرایب رواناب متوسط حوضه تعیین شود

که این عمل باید به صورت میانگین وزنی و با استفاده از رابطه زیر تعیین گردد:

$$C = \frac{C_i A_i}{\sum A_i}$$

(۲-۲۸)

که در آن:

C = میانگین وزنی ضریب رواناب حوضه

C_i = ضریب رواناب در زیرحوضه شماره i که دارای کاربری یکنواخت است

A_i = مساحت زیر حوضه شماره i که دارای کاربری یکنواخت است

استفاده از روش استدلالی با محدودیتهای زیر همراه می باشد [۲۰،۲۶،۳۰]:

- ۱- تنها برای حوضه های کوچک قابل استفاده است.
- ۲- شدت بارش در زمان بارش یکنواخت نیست.
- ۳- توزیع مکانی بارش ثابت نمی باشد.
- ۴- دوره برگشت حداکثر جریان محاسبه شده برابر دوره برگشت شدت بارندگی است که عملاً چنین نمی باشد، زیرا بعضی اوقات مقدار رواناب و بارندگی همبستگی خوبی ندارند.
- ۵- در این روش ضریب رواناب برای تمام سطح حوضه و برای تمام دوره بارندگی یکسان فرض می گردد که در عمل چنین نیست چراکه یکی از عوامل مؤثر در تعیین ضریب رواناب، رطوبت اولیه خاک در هر بارندگی و میزان رطوبت در طول بارندگی است. از آنجایی که رطوبت اولیه خاک در شروع بارندگی با انتهای بارندگی یکسان نیست، بطور مسلم ضریب رواناب هم در طول بارندگی یکسان نمی باشد.

فرضهای بکار رفته در روش استدلالی عبارتند از [۲۰،۲۶،۳۵،۳۷]:

- ۱- باران بطور یکنواخت در سطح حوضه باریده است.
- ۲- اگر مدت تداوم باران برابر یا بزرگتر از زمان تمرکز حوضه باشد مقدار رواناب ایجاد شده برابر با مقدار باران اضافی^۱ خواهد بود.

^۱ - Excess rainfall

- ۳- حداکثر دبی زمانی اتفاق می افتد که تمام سطح حوضه در تولید رواناب دخالت داشته باشد.
- ۴- دوره برگشت دبی حداکثر برابر با دوره برگشت باران با شدت I می باشد.
- ۵- ضریب رواناب در رگبارهای مختلف ثابت می باشد و تنها بستگی به وضعیت سطح حوضه دارد.
- ۶- ضریب رواناب برای تمام سطح حوضه مورد مطالعه و یا بخشی از آن یکسان می باشد.
- ۷- شدت بارندگی برای تمام دوره بارندگی ثابت است.

۲-۱۱- روش استدلالی - احتمالی

پایه و اساس این روش همانند روش استدلالی می باشد، با این تفاوت که روش استدلالی برای حوضه های کوچک مورد استفاده قرار می گیرد، ولی روش استدلالی - احتمالی برای حوضه های بزرگتر نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد [۲۹، ۳۴، ۳۵، ۳۷، ۳۹].

روش استدلالی - احتمالی به صورت زیر می باشد:

$$Q(y) = F.C(y).I(t_c, y).A \quad (2-29)$$

که در این رابطه:

Q = حداکثر دبی سیلاب با دوره برگشت مورد نظر با تداومی برابر زمان تمرکز حوضه بر حسب متر

مکعب بر ثانیه

y = دوره برگشت بر حسب سال

C = ضریب رواناب

A = مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع

t_c = زمان تمرکز حوضه بر حسب ساعت

I = شدت بارندگی برای دوره برگشت مورد نظر و مدتی برابر زمان تمرکز بر حسب میلیمتر بر ساعت

$F =$ ضریب تبدیل واحد، که در معادله (۲۹-۲) برابر ۰,۲۷۸ می باشد.

مشاهده می گردد که عامل دوره برگشت نیز در فرمول استدلالی- احتمالی دخالت داده شده است.

بدین معنی که اگر هدف تعیین حداکثر دبی با دوره برگشت ۲ سال است باید از شدت بارندگی معادل با زمان تمرکز حوضه و با دوره برگشت ۲ سال استفاده گردد.

تعیین پارامتر C یکی از مشکلات این روش می باشد که در حال حاضر از جداول موجود مانند جدول (۲-۱۰) استفاده می شود، که برای تخمین اولیه‌ای از C مناسب بوده و مشاهده می گردد که در طراحی ها از همین جدول استفاده می شود. رهرو [۱۲] در مطالعه روانابهای شهری منطقه جنوب اصفهان نشان داد که مقدار واقعی این ضریب کمتر از مقادیر آن در جداول مربوطه است.

پیلگریم^۱ و مک درمات^۲ [۳۴،۳۵،۳۷] برای منطقه جنوب شرقی ایالت نیوساوت ولز استرالیا این روش را اجرا کرده و ضرایب رواناب را برای دوره های برگشت مختلف محاسبه کردند و سپس منحنی های هم ضریب رواناب را در منطقه رسم نمودند. در تحقیق حاضر، برای تخمین ضرایب رواناب از این روش استفاده شده است.

^۱ - Pilgrim

^۲ - McDermott

فصل دوم - روشهای تخمین رواناب حوضه آبریز

جدول (۲-۱۰) ضریب رواناب در رابطه استدلالی [۲۹].

دوره بازگشت (سال)							شرایط سطح زمین
۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۵۰۰	(مناطق توسعه یافته)
۰,۷۲	۰,۷۷	۰,۸۱	۰,۸۶	۰,۹۰	۰,۹۵	۱,۰۰	آسفالت
۰,۷۵	۰,۸۰	۰,۸۳	۰,۸۸	۰,۹۲	۰,۹۷	۱,۰۰	بتن
							زمینهای چمنی (چمنزار، پارک و)
							- شرایط ضعیف (پوشش گیاهی کمتر از ۵۰٪ منطقه را شامل می شود)
۰,۳۲	۰,۳۴	۰,۳۷	۰,۴۰	۰,۴۴	۰,۴۷	۰,۵۸	نواحی تحت با شیب ۰-۲٪
۰,۳۷	۰,۴۰	۰,۴۳	۰,۴۶	۰,۴۹	۰,۵۳	۰,۶۱	نواحی متوسط با شیب ۲-۷٪
۰,۴۰	۰,۴۳	۰,۴۵	۰,۴۹	۰,۵۲	۰,۵۵	۰,۶۲	نواحی با شیب بیشتر از ۷٪
							- شرایط نسبتاً خوب (پوشش گیاهی ۵۰ تا ۷۵٪ منطقه را شامل می شود)
۰,۲۵	۰,۲۸	۰,۳۰	۰,۳۴	۰,۳۷	۰,۴۱	۰,۵۳	شیب ۰-۲٪
۰,۳۳	۰,۳۶	۰,۳۸	۰,۴۲	۰,۴۵	۰,۴۹	۰,۵۸	شیب ۲-۷٪
۰,۳۷	۰,۴۰	۰,۴۲	۰,۴۶	۰,۴۹	۰,۵۳	۰,۶۰	بیشتر از ۷٪
							- شرایط خوب (پوشش گیاهی بیشتر از ۷۵٪ منطقه را شامل می شود)
۰,۲۱	۰,۲۳	۰,۲۵	۰,۲۹	۰,۳۲	۰,۳۶	۰,۴۹	شیب ۰-۲٪
۰,۲۹	۰,۳۲	۰,۳۵	۰,۳۹	۰,۴۲	۰,۴۶	۰,۵۶	شیب ۲-۷٪
۰,۳۴	۰,۳۷	۰,۴۰	۰,۴۴	۰,۴۷	۰,۵۱	۰,۵۸	بیشتر از ۷٪
							(مناطق توسعه نیافته)
							- زمین های کشاورزی
۰,۳۱	۰,۳۴	۰,۳۶	۰,۴۰	۰,۴۳	۰,۴۷	۰,۵۷	شیب ۰-۲٪
۰,۳۵	۰,۳۸	۰,۴۱	۰,۴۴	۰,۴۸	۰,۵۱	۰,۶۰	شیب ۲-۷٪
۰,۳۹	۰,۴۲	۰,۴۴	۰,۴۸	۰,۵۱	۰,۵۴	۰,۶۱	بیشتر از ۷٪
							- مراتع
۰,۲۵	۰,۲۸	۰,۳۰	۰,۳۴	۰,۳۷	۰,۴۱	۰,۵۳	شیب ۰-۲٪
۰,۳۳	۰,۳۶	۰,۳۸	۰,۴۲	۰,۴۵	۰,۴۹	۰,۵۸	شیب ۲-۷٪
۰,۳۷	۰,۴۰	۰,۴۲	۰,۴۶	۰,۴۹	۰,۵۳	۰,۶۰	بیشتر از ۷٪
							- جنگل، درختان
۰,۲۲	۰,۲۵	۰,۲۸	۰,۳۱	۰,۳۵	۰,۳۹	۰,۴۸	شیب ۰-۲٪
۰,۳۱	۰,۳۴	۰,۳۶	۰,۴۰	۰,۴۳	۰,۴۷	۰,۵۶	شیب ۲-۷٪
۰,۳۵	۰,۳۹	۰,۴۱	۰,۴۵	۰,۴۸	۰,۵۲	۰,۵۸	بیشتر از ۷٪

۲-۱۲- خلاصه

رواناب به اشکال مختلف تقسیم می‌شود که شامل رواناب آبراهه ای، رواناب سطحی و رواناب زیر سطحی است. و روشهای مختلفی برای تخمین رواناب وجود دارد که عبارتند از :

- ۱- روش همبستگی تخمین رواناب از بارش که از منحنی تغییرات بارش - رواناب استفاده می‌شود.
- ۲- روش استفاده از شاخص بارش پیشین که مقدار رطوبت اولیه حوضه به عنوان متغیر در نظر گرفته می‌شود و از بارش پیشین می‌توان به عنوان شاخص تغییر رطوبت خاک استفاده کرد.
- ۳- روش SCS، که در این روش از عوامل شدت و مدت ریزش صرفنظر شده و فقط مقدار ریزش در طول مدت زمان معین دارای اهمیت می‌باشد.
- ۴- روشهای کریگر، فولر، جارویس- مایر، ، منطقی یا استدلالی و جدول بارلو و استرینچ نیز برای حوضه‌های کوچک و بزرگ بکار می‌رود که سطح حوضه و شدت بارندگی پارامترهای با اهمیت این فرمولها می‌باشند.
- ۵- روش استدلالی- احتمالی همانند روش استدلالی می‌باشد. با این تفاوت که برای حوضه‌های بزرگتر نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و عامل دوره برگشت نیز در فرمول استدلالی- احتمالی دخالت داده می‌شود.

فصل سوم

سیستم اطلاعات جغرافیایی و
کاربرد آن در مدل‌های
بارندگی-روانابه

سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

امروزه با توسعه و پیشرفت فن آوری، شاهد افزایش حجم اطلاعات هستیم به گونه ای که از آن به عنوان انفجار اطلاعات یاد می شود از اینرو لزوم استفاده از سیستم های اطلاعاتی مختلف جهت ورود، ذخیره سازی، مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات روشن می شود. کار یک سیستم اطلاعاتی این است که توانایی تصمیم گیری را افزایش دهد. سیستم اطلاعاتی در واقع یک سری عملیاتی است که انجام می شود تا از اطلاعات به نحو احسن در فرآیند تصمیم گیری مورد استفاده قرارگیرد. این عملیات از طرح مشاهده گرفته تا جمع آوری، ذخیره سازی و تجزیه و تحلیل داده ها را شامل می شود. نقشه نیز یک نوع سیستم اطلاعاتی می باشد. یک نقشه مجموعه ای از داده های ذخیره سازی شده و تجزیه و تحلیل آنها می باشد و اطلاعات مبتنی بر موقعیت و مشاهده ای می باشد.

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سیستمی است که برای کار با داده هایی که وابستگی مکانی و جغرافیایی دارند، طراحی شده است، به عبارت دیگر GIS متشکل از سیستم بانک اطلاعاتی داده های فضایی و غیرفضایی مربوط به آنها و همچنین مجموعه عملیاتی است که برای کار با این داده ها قابل طرح می باشند [۹،۳۳،۴۰].

پیشرفتهای حاصل شده در زمینه رایانه، نقشه کشی و تکنیک استفاده از عکسهای هوایی بستر مناسبی

را برای GIS های امروزی که در دهه ۱۹۶۰ به ظهور رسید، بوجود آورد. سیستم اطلاعات جغرافیایی کانادا (CGIS) بعنوان اولین GIS شناخته شده است. راجر تامپلسون، کسی که دست اندر کار طراحی و توسعه این سیستم بوده است، CGIS را بعنوان سیستمی توصیف می کند که مخصوص طرح‌های توسعه کشاورزی در کانادا طراحی شده است هدف اصلی CGIS تجزیه و تحلیل داده های مربوط به زمینهای کشاورزی بود که برای تعیین حدود اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار می گرفت CGIS در سال ۱۹۶۴ عملاً بکار گرفته شد [۱۴].

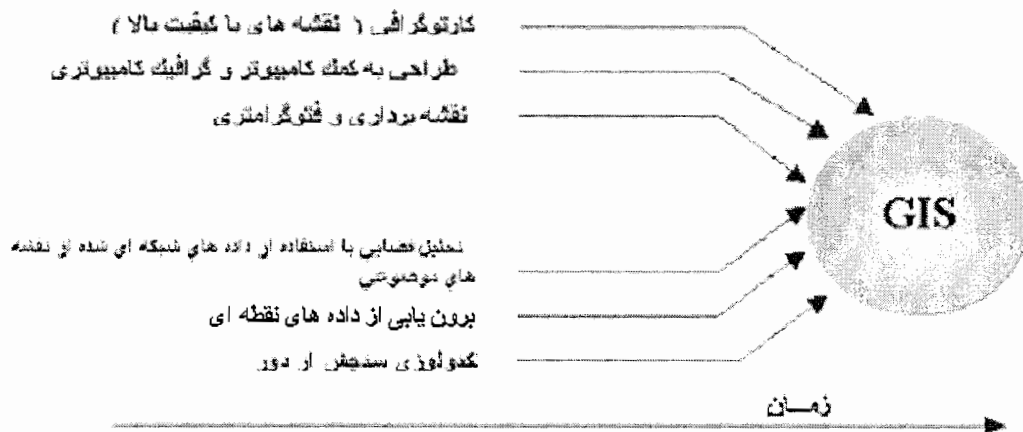
در دهه ۱۹۶۰، سه عامل در پدید آمدن GIS ها موثر بودند :

- بهبود روشهای نقشه کشی.
- گسترش سریع سیستمهای رایانه‌ای.
- انقلاب کمی در تجزیه و تحلیل های جغرافیایی.

۳-۱- نمونه هایی از جنبه های کاربردی GIS در وزارت نیرو :

- مدیریت سیستمها و منابع آبی.
- مدیریت حوضه های آبریز.
- تخصیص منابع آبی، برنامه ریزی و مدلسازی توزیع آبها.
- مدلسازی هیدرولوژیکی و هیدرولیک.
- بهبود کیفیت آبها.
- تعیین مکان بهینه احداث سدها.
- مدیریت و هدایت سیلابها.
- مدیریت آبهای زیرزمینی و جلوگیری از آلودگی آنها.
- طراحی بهینه شبکه های توزیع آب و تعیین مسیر بهینه خطوط انتقال شبکه های آب.
- مدیریت شبکه های فاضلاب.

- تحلیل شبکه های آب و فاضلاب و خطوط انتقال نیرو.
- تهیه نقشه های شیب، جهت شیب، پروفیلها و انجام محاسبات مربوط به حجم، مساحت و طول.
- تعیین مکان بهینه استقرار توربینهای بادی برای استفاده از انرژی باد و ارزیابی پتانسیل انرژی باد در مناطق مختلف.
- تهیه نقشه از منابع انرژی باد.
- ارزیابی اثرات زیست محیطی استفاده از انرژی باد.
- تعیین مکانهای مناسب جهت احداث نیروگاههای خورشیدی.
- مدلسازی تابش خورشید.
- ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی.
- اکتشاف ژئوترمال [۱۴].



شکل (۳-۱) پیشرفتهای مفهومی و تکمیلی [۱۴].

۳-۲- عناصر اصلی GIS ها :

عناصر GIS ها بصورت زیر میباشند :

- فراهم سازی اطلاعات : عبارت است از فرایند تعیین و گردآوری داده های مورد نیاز برای یک کاربر مورد نظر.

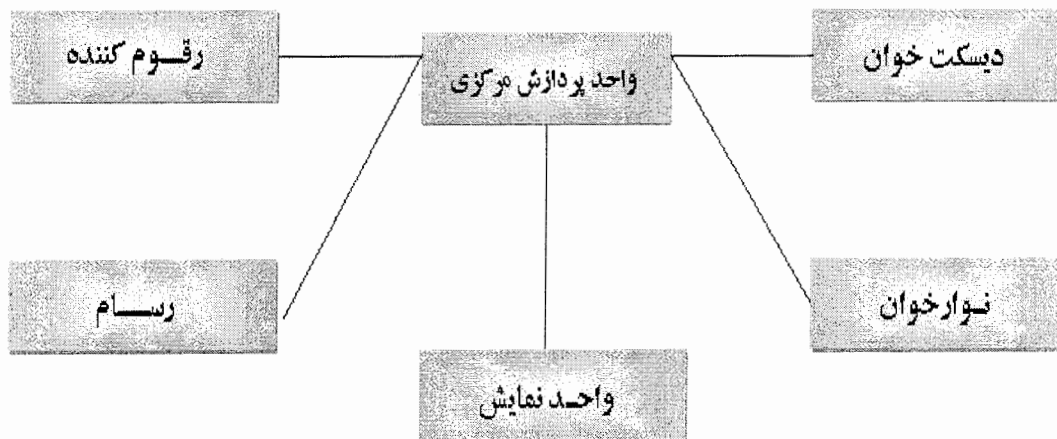
- پیش پردازش : شامل روشهای متعددی است که داده ها را برای ورود به یک GIS آماده می کنند. پیش پردازش شامل دو مرحله اصلی تبدیل فرمت و تعیین موقعیت عوارض در داده های اولیه می باشد.
- مدیریت اطلاعات : شامل روشهای وارد نمودن، بهنگام کردن، ویرایش کردن و بازیابی کردن اطلاعات می باشد.
- تجزیه و تحلیل و پردازش نهایی، این مرحله شامل عملیات تحلیلی است که بر روی داده ها انجام می شوند.
- خروجی داده ها، مرحله ای است که خروجی نهایی از GIS تولید می شوند.

۳-۳- اجزای GIS :

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی دارای چهار قسمت مهم هستند که عبارتند از :

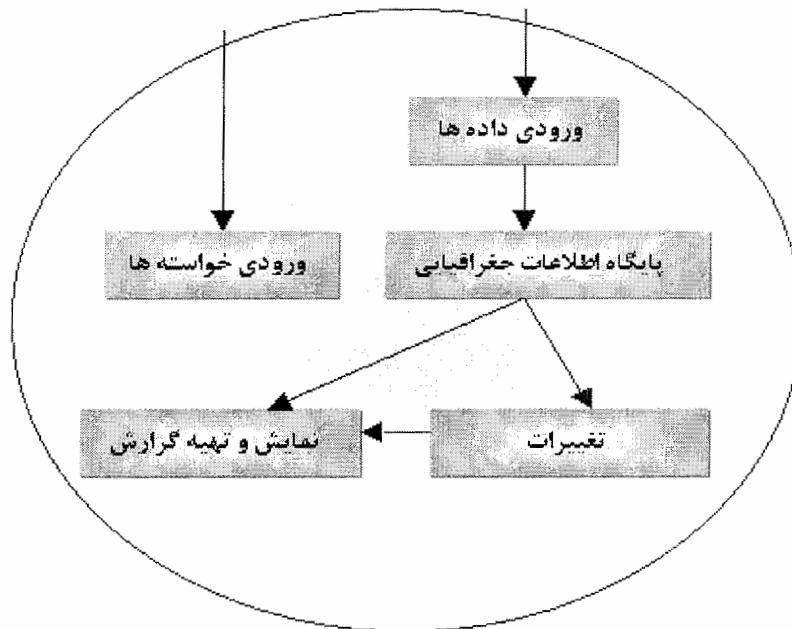
- سخت افزار.
- گروه برنامه های کاربردی.
- بافت سازمانی مناسب.
- پایگاه داده ها.

اجزای اصلی سخت افزار یک GIS در شکل (۳-۲) نمایش داده شده است.



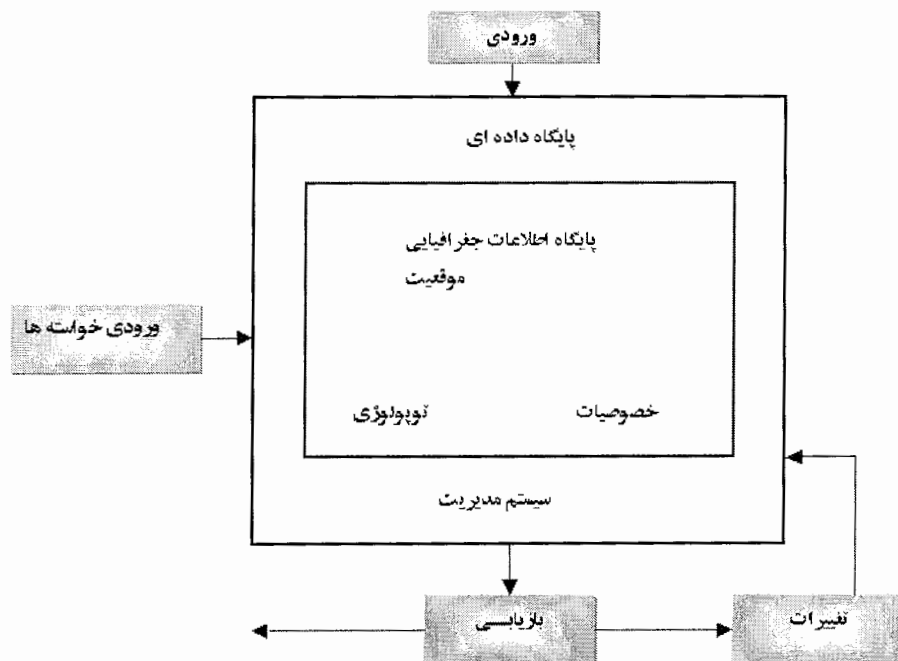
شکل(۳-۲) اجزای اصلی سخت افزار یک GIS [۱۴].

بسته های نرم افزاری GIS ها شامل پنج برنامه فنی اصلی است که در شکل (۳-۳) نمایش داده شده است.



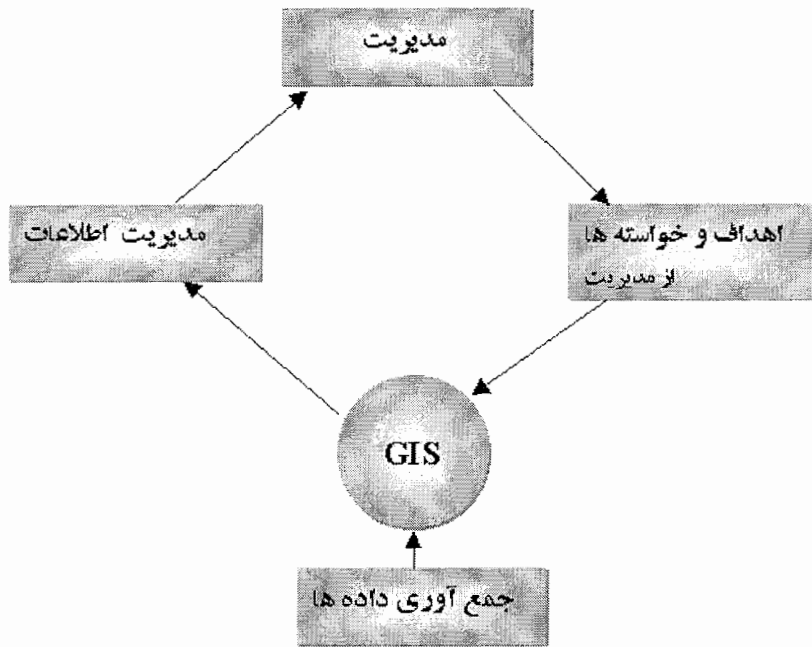
شکل (۳-۳) اجزای اصلی نرم افزار یک GIS [۱۴].

ذخیره سازی داده ها و مدیریت پایگاه اطلاعاتی به روشی مربوط می شود که طی آن داده های مربوط به موقعیت و ارتباط (توپولوژی) و خواص اجزای جغرافیایی (مثل نقاط، خطوط و نواحی معرف مشخصه های سطح زمین)، باتوجه به روش به کارگیری آنها در رایانه و چگونگی مشاهده آنها توسط کاربر سازماندهی می شود. در شکل ۳-۴ اجزای پایگاه اطلاعات جغرافیایی نشان داده شده است.



شکل (۳-۴) اجزاء پایگاه اطلاعات جغرافیایی [۱۴]

در شکل (۳-۵) جنبه‌های سازمانی GIS ها نمایش داده شده است.



شکل (۳-۵) جنبه‌های سازمانی GIS [۱۴].

۳-۴- اجراي يك پروژه GIS به صورت كلي داراي مراحل زير

می‌باشد که هر یک باید به درستی صورت پذیرد:

۳-۴-۱- مرحله شناخت و امکان‌سنجی

شامل بررسی‌های اولیه شناخت وضعیت و ارزیابی جهت اجرای پروژه می‌باشد، در این مرحله شناخت تشکیلات سازمانی، اطلاعات، امکانات بررسی می‌گردد و سپس با شناخت اهداف و بررسی ساختاری آنها اقدام به تصویب مشخصات فنی و طرح اجرایی می‌شود.

۳-۴-۲- تهیه مدل مفهومی

با انجام فاز شناخت و امکان‌سنجی جهت اجرای پروژه نوبت به تدوین بدنه و گزارش اطلاعاتی و ترسیم مدل داده‌ها می‌رسد، در این هنگام از عالم واقعی به یک منطق و سپس یک مدل منطقی و مفهومی خواهیم رسید.

۳-۴-۳- آماده‌سازی استانداردها

پس از تهیه مدل مفهومی نوبت به استانداردها خواهد رسید، در این مرحله با توجه به استانداردهای موجود در زمینه‌های مختلف کار که توسط دستگاه‌های مختلف تصویب شده است، استانداردهای لازم در زمینه مسائل هندسی و توصیفی طراحی و اقدام به تکمیل استانداردهای موجود می‌گردد.

۳-۴-۴- تهیه دستورالعمل‌ها

با تهیه و تکمیل استانداردها، نوبت به تهیه دستورالعمل‌های تولید و آماده‌سازی، ویرایش، کارتوگرافی، به هنگام‌سازی می‌رسد.

۳-۴-۵- جمع‌آوری و تولید اطلاعات

تکمیل مراحل آماده‌سازی استانداردها و تهیه دستورالعمل‌ها، امکان شروع جمع‌آوری اطلاعات و تولید آنها ایجاد می‌گردد، که باید در دو زمینه اطلاعات جغرافیایی (مکانی) و اطلاعات توصیفی باشد. عملیات باید طبق استانداردها و دستورالعمل‌ها باشد.

۳-۴-۶- طراحی سیستم

این مرحله با بررسی ملاحظات سخت افزاری و امکانات نرم افزاری آغاز می‌گردد و سپس اقدام به طراحی پایگاه داده، واسط کاربری (USER INTERFACE) و ویژه‌سازی خواهد گردید.

۳-۴-۷- نصب و تست سیستم

پس از انجام مرحله طراحی باید نصب و راه‌اندازی و تست سیستم صورت پذیرد، که کلیه عملیات انجام شده کنترل می‌گردد. لازم به ذکر است که باید حتما راهنمای مکتوب استفاده از سیستم به صورت کاملا قابل درک تهیه شده و در اختیار کاربران قرار گیرد.

در کنار کلیه مراحل ذکر شده نیز مرحله‌ای به نام آموزش و اطلاع‌رسانی وجود دارد، که وظیفه آن از

ابتدا ارائه اطلاع‌رسانی، برگزاری دوره‌های آموزشی و بازآموزی است [۱۴].

۳-۵- تاریخچه کاربرد GIS در مدل‌های هیدرولوژی

امروزه کاربردهای مختلف GIS بسیار متنوع است. از GIS در حوزه حفظ و حراست از منابع، در مدیریت اراضی جنگلی، کشاورزی و ساحلی و مدیریت منابع انرژی و معدنی استفاده به عمل می‌آید. در ایران در سالهای اخیر استفاده‌های مختلفی از سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به بررسی پیشروی آب دریای خزر، برنامه‌ریزی منطقه‌ای، جنگلداری و ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه‌های آبریز، بررسی مناطق حادثه خیز (سیل و زلزله)، ترسیم منحنی‌های همباران، تهیه نقشه خطر فرسایش در استان زنجان، مطالعات منابع آب کارست و غیره اشاره کرد [۱۳].

مطالعات گسترده‌ای خصوصاً از دهه ۱۹۸۰ میلادی به منظور گسترش کاربرد GIS در مطالعات منابع آب صورت گرفته است. این مطالعات زمینه‌های مختلفی را شامل می‌شود که در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان به بررسی‌های مشخصات فیزیکی حوضه آبریز، کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، تدوین مدل‌های بارش - رواناب و سیستم‌های هشدار سیل و بررسی شرایط هیدرولیکی منابع آب زیرزمینی اشاره کرد.

همانطور که در مقدمه اشاره شد، مدل‌های داده‌های مکانی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به دو شکل کلی موزائیکی و برداری قابل تعریف هستند هر یک از این ساختارها امکانات خاصی را برای بررسی و تخمین مشخصات فیزیکی حوضه‌های آبریز در اختیار قرار می‌دهند. تاجیکاوا و همکاران (۱۹۹۳) با بهره‌گیری از ساختار برداری و شبکه نامنظم مثلثی (TIN) که در این سیستم‌ها برای مدلسازی عوارض ارتفاعی بکار می‌روند، امکانات خاصی را برای ایجاد شبکه آبراهه‌ها و بررسی جهت جریان توسعه دادند که با توجه به محدودیت‌های خاص سیستم‌های برداری در چنین زمینه‌هایی شایان توجه می‌باشد. در سیستم‌های موزائیکی، قابلیت‌های بیشتری برای بررسی مشخصات فیزیکی آبراهه‌ها و حوضه‌های آبریز وجود دارد. میجرنیک و همکاران (۱۹۹۴) مجموعه‌ای از مطالعاتی که در زمینه کاربرد این سیستم‌ها در تخمین مشخصات فیزیکی آبراهه‌ها انجام شده را گردآوری و ارائه نمودند. نمونه‌ای از مطالعات کاربردی در این زمینه توسط سیرکار و همکاران (۱۹۹۱) انجام گرفته که در آن ضمن تعیین شبکه آبراهه‌ها و با بهره‌گیری از روابط تجربی، منحنی‌های زمان - مساحت برای زیر حوضه‌های بخشی از ایالت آیوا تدوین گردیده است. از این منحنی‌ها در تدوین هیدروگراف‌های سیلاب استفاده می‌شود [۱۳].

بررسی کیفیت منابع آب از دیگر زمینه‌هایی است که مطالعات گسترده‌ای به منظور کاربرد GIS در آن صورت گرفته است. در برخی از بررسی‌های صورت گرفته در این زمینه، تنها با بهره‌گیری از امکانات سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی به مطالعه تأثیر پارامترهایی نظیر وضعیت زمین شناسی حوضه آبریز در کیفیت آب‌های سطحی پرداخته شده است.

نمونه‌ای از این مطالعات توسط کالخوف (۱۹۹۳) در یک حوضه آبریز در ایالت آیوا انجام گرفته است. چان‌سنگ و همکاران (۱۹۹۳) و جیوان یون (۱۹۹۳) با بکارگیری مدل AGNPS در صدد بررسی آثار پساب‌های کشاورزی بر کیفیت منابع آب برآمدند. بررسی سوابق مطالعات کیفیت آب نشان می‌دهد ساختار شبکه‌ای این مدل و داده‌های ورودی آن به نحوی است که بیشترین کاربرد را در استفاده تلفیقی با GIS داشته است [۱۳].

یکی از مهمترین مشخصه‌های کاربردی سیستم‌های موزائیکی در زمینه‌های مختلف، قدرت تفکیک مکانی اطلاعات و نقشه‌های مورد استفاده است و یوکس (۱۹۹۳) مطالعه‌ای را در زمینه حساسیت پارامترهای مختلف خروجی از مدل AGNPS به ابعاد شبکه موزائیکی انجام داده است. در این زمینه باتاگلین و همکاران (۱۹۹۳) مطالعه‌ای را به منظور بررسی حساسیت منابع آب به تغییرات شرایط آب و هوایی بخشی از حوضه آبریز رودخانه کلورادو انجام داده‌اند که نمونه بسیار جالبی از کاربرد اطلاعات موزائیکی با قدرتهای تفکیک مکانی مختلف در مطالعات منابع آب می‌باشد [۱۳].

نمونه‌ای دیگر از کاربرد سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی در مطالعات کیفیت آب، بررسی آثار آلوده کننده‌های نقطه‌ای در مناطق شهری است و نتورا و همکاران (۱۹۹۳) و باربی و همکاران (۱۹۹۳) نمونه‌ای از چنین بررسی‌هایی را انجام داده‌اند.

از دیگر زمینه‌های کاربرد سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی در مطالعات مهندسی آب آماده‌سازی اطلاعات برای مدل‌های بارش - رواناب و تدوین سیستم‌های هشدار سیلاب است. مدل‌های بارش - رواناب که یکی از مولفه‌های اصلی سیستم‌های هشدار سیلاب را نیز تشکیل می‌دهد نیازمند اطلاعاتی وسیع نظیر ساختار زمین شناسی و پوشش گیاهی، توپوگرافی و کاربری اراضی می‌باشد [۱۳].

مطالعاتی توسط وارویک و هینس (۱۹۹۳) به منظور بررسی کارایی این سیستم‌ها در تدوین مدل‌های بارش - رواناب صورت گرفته است. شمسی (۱۹۹۶) نیز مطالعاتی را برای استفاده از این سیستم‌ها در مدیریت

سیلاب حوضه‌های آبریز انجام داده است. وی جهت تخمین پارامترهای ورودی فیزیکی به مدل PSRM از سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی استفاده نموده است و در نهایت با ایجاد یک نقشه توزیع جریان در حوضه یک ابزار عملی برای طرح مدیریت سیلاب فراهم آورده است. همچنین برای اینکه بهترین صورت و مزیت تلفیق مدل با دو ساختار برداری و موزائیکی مشخص گردد، از هر دو ساختار استفاده نموده و تأثیر تلفیق GIS با مدل هیدرولوژی را در جهت کم کردن هزینه‌های مطالعاتی و اجرایی به بحث گذارده است [۳۸].

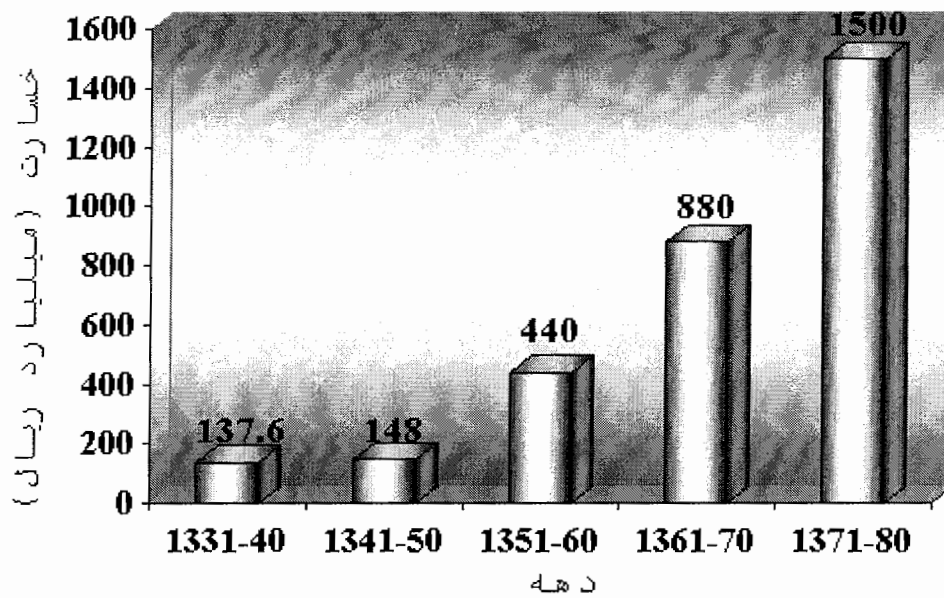
جامع‌ترین نوع استفاده تلفیقی از GIS و مدل‌های هیدرولوژی، منجر به ساخت یک سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) می‌شود که مناسبترین ابزار برای برنامه‌ریزی ملی و منطقه‌ای می‌باشد. این سیستم‌ها قابلیت بکارگیری داده‌های مختلف را به شکل وسیعی در سطح حوضه خواهند داشت و بهمین دلیل می‌توانند بطور گسترده‌ای در مطالعات برنامه‌ریزی منابع آب مورد استفاده قرار گیرند.

امروزه از GIS به عنوان ابزار قدرتمندی در بسیاری از پروژه‌های آبی نظیر تعیین محل احداث یک سد، آبیاری و پتانسیل منابع آب، مطالعات خاکشناسی، مکانیزه نمودن جمع‌آوری آبهای سطحی و غیره استفاده می‌گردد.

۳-۶- ضرورت انجام تحقیق

با نگاهی به روند رشد وقوع سیل در کشور و تلفات و خسارات بر جای مانده از آن (شکل (۳-۶)) به راحتی میتوان در یافت که این روند یک روند رو به افزایش بوده و دیگر روشهای دستی و سنتی گذشته نه به لحاظ زمان و نه به لحاظ دقت جوابگوی مطالعات مورد نیاز نمی باشند. از سوی دیگر تحقیقات انجام شده در این مورد (Roy D. Dodson & Xiaojian Li, ۱۹۹۹) بیانگر این حقیقت است که استفاده از GIS جهت این امر حتی تا ۶۰٪ صرفه جویی در زمان و افزایش چشمگیر دقت را به دنبال دارد که خود نیز به معنای کاهش فراوان هزینه ها نیز می باشد.

همچنین میزان خسارت وارده از سیلاب به ۲۰۸ دشت در کشور جدول (۳-۱) آمده است.



شکل (۳-۶) نمودار میزان خسارات سیل پنجاه ساله کشور [۱۵]

فصل سوم - سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در مدل‌های بارندگی - رواناب

جدول ۳-۱- میزان خسارت وارده از سیلاب به ۲۰۸ دشت در کشور [۱۵].

نام دشت	تعداد روستاهای خسارت دیده	خسارات وارده										
		تلفات جانی	تلفات دامی	واحد مسکونی	میران اراضی (هکتار)	پل	کارخانه	سازمانهای دولتی	راه (کیلومتر)	راه آهن (کیلومتر)	جودوز	سد و بند
آستارا-لیسار	۱۸		۵۰۰	۱۸۹	۵۳۰	۷		۸	۴۰			۲
قلمه‌بین-پونل	۱۲	۳		۳۰۰	۲۶۰۰	۸۳			۳۱			۱
فومنات	۹۶	۶	۴۰۰۰	۳۱۷۱۴	۵۱۰۰۰	۵۶	۶۳	۳	۳۵		۲۰	
فروه-دهکلان	۱۲	۱		۶۰۰	۱۹۱۶	۱						
دیواندره-بیجار	۲۳	۱۰	۳۴۰	۳۱۴	۳۸۷۴	۱	۶					
میانه-مشترود	۱۰۷	۱۰۹	۶۸۴۱	۱۰۱۹	۷۸۸۳	۱۲		۱	۱۰	۰۳	۲	
ماهستان-انگوران	۲۹	۳	۱۳۰۰	۳۸	۵۳	۸						
سلطانیه-زنجان	۱۸	۱۲	۵۸۷۵	۱۳۱	۱۳۵۰				۱	۰۴۳	۷	
خلخال	۳۴	۱۲	۵۰۶	۷۱۵۸	۶۷۹۰				۶			
انگروود-رشت	۲۳۱	۳۵	۳۱۰۰	۲۷۳۰	۳۵۴۱	۱۰						
الموت-طالقان	۵۴	۱۶	۱۰۵	۸۷۲	۲۷۷۵	۱۱		۲	۱		۵	۱

فصل سوم - سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در مدل‌های بارندگی - رواناب

رامسر-تنکابن	۱۶	۱۶	۲۱۰۰	۶۸۲	۵۱۵.۵	۱۴۵				۱۱۰		۵	
چالوس-نور	۵۵	۴۰	۱۲۴۵	۲۳۹۷	۵۹۰	۱۰	۱۰	۲		۲۳.۰۳		۱۰	
آمل-بابل	۶۸	۲۱	۳۱۰۰	۲۷۴۵	۶۲۰	۴۰		۱		۱۷		۱۵	۱
قائم‌شهر-جویبار	۲۸		۵۰	۱۶۷	۱۶۳	۱				۴			
ساری-دشت ناز	۶۰	۲	۹۰۶۸	۵۱۵	۱۵۰								
بهبهر-بندرگز	۱۵	۲	۱۰۰	۱۰۹۳	۲۵۲						۶		
گرگان-کنبد	۲۴۵	۳۳	۲۱۹۲	۵۰۲۹	۲۲۲۴۱۳	۲۲	۱۰	۶		۳۱			۶
بازگان	۹۷		۵۸۲۴	۱۲۰	۲۱۵۰								۱
پلدشت-ماکو	۳۳	۱۹	۱۸۸۱	۳۲۱	۱۶۰۰	۱							۲
خوی	۱۷۶	۳۷	۱۷۷۳	۷۵۸	۳۶۰۰	۷	۱			۲۰			
مرند	۱۸	۱۰	۶۰۳	۵۱۸	۲۰۰۰	۳					۵	۱	
اردبیل	۳۷	۶۱	۱۰۰۴	۲۳۸	۲۴۱۵	۱	۱	۱		۰.۲			
اهر-ورزقان	۲۳	۳۸	۱۴۰۷	۵۷۶	۲۰۰۰	۹						۱	
مشکین‌شهر	۶۴	۱۱۲	۷۰۹۰	۴۲۵	۳۰۰۰	۱	۲	۲				۸	
مغان-بیه‌سوار	۵۰	۱۰۰	۵۲۵	۲۰۴۳	۱۵۰۰	۹	۱	۱				۴	
سلماس	۳۱	۲	۴۸	۱۵۰۹	۵۰۰۰	۱							
ارومیه	۳۴۴	۴۶	۱۱۷۹	۲۳۸۸	۵۹۵	۱۶۳	۲	۴۶		۱		۱	۲
صوفیان-تسوج	۲۰	۲		۲۰۲۲	۶۸۶۶	۷۸۴	۵					۱	
سراب-دوزدوزان	۸	۴	۸۶۱		۹۰۰	۱		۹		۲۰			

بستان آباد	۱	۲	۶۰	۵۲۶	۲۵۳۳	۵		۲	۱۰۳				
مهریان-هریس													
تبریز-آذرشهر	۴۳	۷۷	۱۷۰۰	۲۲۵۴	۴۳۳۳	۳۵	۳	۱	۲۰۶	۲۳	۱		
عجب شیر	۳	۳	۷۶۰	۳۸۴	۲۰۰	۳							
مراغه-تباب	۱۶	۷	۵۰	۱۴۸۳	۱۰۰۰	۳					۱	۱	
سقز	۲۰	۵	۵۰۰	۱۰		۱					۱		
صائین قلعه-تکاب					۳۷۸۷	۶							
شرق میاندوآب	۲۰۴	۷	۸۹۰۰	۱۰۴۸۶	۱۵۱۷۷				۲۰۵				
ملک کندی	۲			۶۷۸		۲							
بوکان	۲۹	۳		۷۲۸	۱۱۲۰۰								
غرب میاندوآب	۱۷۶	۳	۸۹۰۰	۴۶۷۹	۱۶۸۰۰	۳							
نقده-اشنویه	۵۰	۱	۳۱۱۰	۲۴۱۲	۸۰۰۰	۳		۱۳	۲			۱	
مهاباد	۱۷	۳۶		۲۰۶۷		۳		۲۲			۱		
پیرانشهر-خانه	۵		۱۵۰	۹۸		۳							
سردشت	۱۰	۵	۱۵۰	۹۴	۵۰۰	۱							
بانه-چی چوران	۶	۵	۲۰۰	۱۸۱		۶						۱	
سنندج-تشلای	۱۶	۱۵	۱۰۰۰	۴۸۶	۱۲۰۰	۹		۱					
مروان	۴			۸۱	۴۰۰	۱۰		۱	۵۵		۵		
پاوه-آریان	۱۴		۹۰۰	۹۵	۱۰۰۰۰	۱۷			۱۸۱				

فصل سوم - سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در مدل‌های بارندگی - رواناب

قلمه شاهین		۳		۲۴		۲	۲	۱					
دیره		۱		۲۱۰									
پاچه چله	۲	۲		۳۲۴	۴۰۰			۱					
گیلان غرب		۱		۹۳				۲					
سومار				۳۱									
ایلام	۱۵	۷		۶۳۲	۱۰۰۰	۳۷							
مهران	۱	۵		۶۰۳	۵۰۰	۵۱							
دهلران	۳	۳		۳۱۲	۶۳۶	۱۳				۵۵			۳
آبدانان - عین خوش	۳	۵		۲۸۰	۵۵۰	۱							
ملایر	۷۱	۱۵		۷۵۶	۱۸۰	۳۶			۶				
تویسرکان	۲۹	۴۰		۳۱۲	۱۱۰۲	۸							۱
نهاوند	۳۴	۳۱۱		۴۰۲۸	۱۵۳۲۲	۲	۵		۲				
اسدآباد	۲	۳		۱۲	۱۱۰۲	۲							۱
کگلور	۱۰	۵		۳۷۴	۷۰۱۰								
دینار	۳۳	۳۱		۳۸۴		۱۴							
صحنه - بیستون	۶۳	۱		۳۵۱	۳۴۸۸								
هرسین	۲	۹		۱۶۷	۱۹۸۸								
ماهیدشت - سنجایی				۱۲۸		۱							
کرمانشاه	۱۷	۶۸		۱۴۴۹	۳۸۰۶۴	۲۹	۱	۲		۱۷۳			۲

فصل سوم - سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در مدل‌های بارندگی - رواناب

کزند	۲۵	۱۵	۱۶۷۰	۶۹۳	۲۵۷۳	۶	۵			
چرداول	۵	۴		۴۰۰	۱۲۰	۱۶				
بدره	۵			۲۰۰	۱۴۰					
خرم‌آباد	۱۲۳	۴۳	۴۹۶	۶۴۵	۱۶۰۰	۷۸	۱			
تخت‌آباد	۷۳	۲۳	۷۴۵	۴۴۷	۱۰۰۰	۱	۶	۶۰		۱۰
باغنه-نمرجه-خسج				۱۴۹۲						
حمیدیه-دب حردان	۱۳۱	۱۵	۳۴۳۰	۳۰۳۹۳	۵۵۰۰	۳				
قدس	۱۸۱			۷۵۴۲						
الیگودرز-ازنا	۴۱	۴۴	۱۷۶۹	۱۱۱۹	۶۲۴	۱۰	۶			
بروجرد-ززان-درود	۷۱	۱۳	۳۴	۱۳۳۴	۴۸۵۰	۳				
باسوج-سی سخت	۲۰			۴۰۰	۱۵۰۰۰	۴	۱	۶۵۰		
سمیرم	۶	۲۴	۶۳۰۰	۱۲۷	۲۰۰۰					
دشت روم	۲	۹		۳	۵۶۰۰	۷				
بروجن-سپیددشت	۱۵	۵۴		۸۳۳	۵۶۰۰					
اردل	۲۱			۷۳۲	۳۶۰۰	۲				
شهرکرد-هفشجان	۱۱	۸		۱۷۸۰	۶۰۰					
فارسان-جویتقان	۴۸			۱۰۵۶	۱۰۰۰۰					
لردگان	۲۵	۶		۱۱۹۰	۲۸۰۰	۱۱				۱
ایذه-چنارستان	۶۳	۲۸	۱۲۴۸	۱۲۳۵	۳۸۹۲	۱۳	۳			۴

فصل سوم - سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در مدل‌های بارندگی - رواناب

مسجد سلیمان	۷۹	۱۶۰	۳۱۹۳	۱۸۰۹	۲۹۱۹	۲۰					۵	۱
شوشتر	۶۴	۱۰۹	۵۶۱	۸۰۹	۲۹۱۹	۱		۱				
شمال‌اهواز	۲۶۷	۳۶	۵۹۹	۳۳۳۱	۲۹۱۹	۳			۲۰	۸		
جنوب‌اهواز	۱۵۵	۱۰		۶۲۶۳	۳۵۸۰	۱	۲۱	۱	۱۲۱.۵			۲
بهبهان	۲۴۸	۴۲	۳۴۳۵	۴۰۸۵	۳۰۰۵۰	۱۴	۱	۲	۰.۳		۲	۹
جایزان	۱۳	۷	۲۵۰	۱۳۶	۵۰						۵	
قلمه‌تل-باغ‌ملک	۲۰	۲		۱۷۰۰								
رامهرمز	۵۲	۴۵	۲۹۸۰	۳۴۳	۱۵۰۰	۷			۳			
خلفآباد-شادگان	۲۲۸	۴	۴۰۰۰	۱۹۱۳	۵۶۴۸۹	۲			۱۰۰			
هنگل	۱	۱			۵۰۰							
کودیان	۵۰	۳۵	۶۹۸۷	۹۳۱	۹۷۶۹	۱۵	۴۰	۲۵	۳		۱	
اردکان	۱۵	۲	۳۰۰۰	۲۳۴	۴۸۸۵							
دوگبدان		۵	۱۶۵	۶۰							۲	
چهارپیشه-لیتر	۶۵	۹	۵۱۲	۱۳۳۷	۲۴۵۰	۳۹					۵	
دهدشت	۳۹	۱۵	۸۶۰	۷۷۵	۲۴۵۰	۲			۲			
امیدیه-آب‌کارون			۶۸۵۳			۵						
مندیجان	۷۷	۱۱	۸۴۰	۸۳۵	۳۳۰۰۰		۱		۲			
شادکام-نمدان												
دهید	۲۲	۱	۱۳۸	۵۵	۲۲۰	۱	۴۰	۵				

فصل سوم - سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در مدل‌های بارندگی - رواناب

لنجانات	۱۶	۴۲		۶۵۴	۹۵۵	۳۶	۱														۱۲	
نجف آباد	۸	۷۸	۵۰۵	۳۳۶	۶۶۸																	
برخور	۱۰	۸۷		۱۱۶۸	۹۳۶																	
کوهپایه - سگری	۴		۲۳۴				۱	۱														
قمشه - دهقان	۴		۲۰۰	۴۱۲			۱	۱														
اردستان - نظیر	۱۶	۱۰۰	۱۵۰	۸۴۰	۲۹۲۷	۳																
نائین	۷	۳		۷۵۰	۱۱۷۰																	
انارک																						
ندوشن	۲		۵۵۰				۲	۳														
یزد - اردکان - مهریز	۴۴	۲۶۶	۷۶۲۵	۲۵۲۱	۴۵۰			۳														
آوج			۳۶۴																			
بوئین - خزومین	۲۰	۷	۳۱۵۴	۹۷۲	۴۰۷۵	۱	۳															
ابهر - خرمدره	۲	۱	۱۸۰	۲۸۳	۴۲۵	۱	۱	۵	۱													
مشگرد	۹	۳	۵۳	۵۶	۵۰	۱	۲	۱														
دماوند	۹	۳	۴۱۴	۴۲۰	۴۲۶	۳																
ورامین	۲۵	۱۶		۳۰۰	۱۲۶	۷	۱	۲														
کاشان	۳۴	۱۱۳	۸۶۶	۳۸۴	۵۵۴۵			۱														
دیجان - مصحلات	۱۴			۸۳۴	۱۲۳۰																	
گلیگان	۱			۱۱۸	۶۱۵																	

فصل سوم- سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربرد آن در مدل‌های بارندگی- رواناب

خمین	۳۳		۶۹۷	۱۹۷	۱۳۳۰	۱							
مسپله- شریف آباد													
کمیجان- میلاجرود	۵	۱۲	۶	۴۴۱	۶۱۵								
قروه- قهاوند- رزن	۵	۱		۱۲۴									
ساوه	۱۴۸	۲۲	۸۸۸۲	۲۱۹۲	۹۸۹۰	۳		۲					۱
آستانه	۵	۱	۱۶۲	۴۶	۱۲۳۰								
قوچان- شیروان	۱۷۴	۱۷۱	۳۴۸۲	۷۱۹۴	۲۳۱۵۶	۲۱		۲	۸۴		۲		۱
بجنورد	۱۰۸	۳۴	۴۶۸۲	۲۰۸۰	۴۲۰۰	۶			۱۲		۲		
گمشان	۷			۲۵۰	۱۹۰۹				۱۲				
باجگیران- درگز	۷۷	۳۱	۲۰۶۰	۹۳۷	۴۷۴۳	۸							۱
حاتم‌قلعه	۲	۵	۲۶۰	۳۰	۵۹۱							۱	
سرخس	۱۶	۶	۱۰۰۰۰	۳۰۷	۱۴۵۰		۲						
مشهد- چناران	۸۹	۹۲	۲۳۹۲	۳۱۰۷	۸۲۷۴	۳			۳۰			۳۱	
فریمان- تربت جام	۱۱۰	۴۶	۵۶۸۶	۱۵۴۷	۹۹۰۰								
کرات	۵۹	۲۵	۴۰۰	۲۷۰	۱۷۷۳								
قائن	۱۱۹	۱۵	۳۸۵	۶۶۴	۳۵۶۵		۱۰					۱	۱
کاشمر	۳۵	۲	۱۸۹۴	۱۲۴۶	۲۱۵۲	۶			۲۵۰				
زاوه- تربت حیدریه	۶۸	۸	۲۵	۷۸۶	۱۹۵۲	۲							
گناباد	۶۳	۵	۱۸۶۹	۲۶۷	۲۷۷۶		۱۰	۱					۱

فردوس	۷۱	۱	۲۷۲۰	۱۳۴۵	۳۲۲۱	۱۲	۴۵		۱									۱
سمنان - کویر سمنان	۱۹	۴۵	۲۷۶۴	۱۱۹۷	۴۶۷	۵		۱										۵
ایوانکی	۷۲	۱۶	۱۶۰۰	۳۵۰	۵۰۴۰	۸	۱	۶					۴					
شاهرود	۵۵		۱۰۰۰۰	۷۸۴	۵۱۶۴	۲۹	۲	۳										
دامغان	۱۸۷	۱۸	۶۳۸۰	۱۵۱۵	۱۳۰۹۹													
نیشابور	۳۱	۱۶۲	۲۷۶۵	۴۰۸	۱۰۴۸								۶.۵					۶
سبزوار	۶۲	۱۰	۱۷۷۲	۸۰۴	۵۹۳	۲		۱										۲

۳-۷- خلاصه

در حال حاضر GIS دارای نقش اساسی در بسیاری از علوم طبیعی می‌باشد. علومی همچون کشاورزی، زمین‌شناسی، مدیریت اراضی و جنگل‌ها، هواشناسی و هیدرولوژی از تکنیک‌هایی که GIS در اختیار آنها قرار می‌دهد، استفاده می‌کنند. در زمینه هیدرولوژی می‌توان نقش GIS را در تعیین پارامترهای فیزیکی حوضه، بهره‌گیری در مدل‌های بارش - رواناب و مسائل کیفی آب مشاهده کرد. پروژه‌های آبی دیگری نظیر مکان‌یابی محل احداث سد، آبیاری و پتانسیل منابع آب، مکانیزه نمودن جمع‌آوری آبهای سطحی از دیگر کاربردهای GIS در مطالعات منابع آب می‌باشد که توسط پژوهشگران این علم صورت گرفته است.

فصل چهارم

معرفی مدل مورد استفاده

در این تحقیق

معرفی مدل مورد استفاده در این تحقیق

مقدمه

بدون شک سیلاب بعنوان یک بلای طبیعی شناخته شده است ولی در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب ترین بلای طبیعی در جهان محسوب می شود. از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ حدود ۳۹۰۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان کشته شدند که ۵۸ درصد مربوط به سیلاب، ۲۶ درصد در اثر زلزله ۱۶ درصد در اثر طوفان و بلایای دیگر بوده است. خسارات کل در این ۱۰ سال حدود ۷۰۰ میلیارد دلار بوده است که به ترتیب ۳۳، ۲۹، ۲۸ درصد مربوط به سیلاب، طوفان و زلزله بوده است. در این رابطه نکته نگران کننده، روند افزایشی تلفات و خسارات سیلاب در جهان در دهه های اخیر بوده است. افزایش جمعیت و دارایی ها در سیلابدشتهای تغییرات هیدرو سیستمها و اثرات مخرب فعالیتهای انسانی از دلایل عمده این روند افزایش بوده است [۱۵].

یکی از روشهای معمول در برآورد رواناب و دبی اوج سیلاب در حوضه های آبخیز که فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند ولی آمار بارندگی آنها موجود است، استفاده از مدل های بارش - رواناب می باشد. در این مدلها با استفاده از روابط ریاضی، مقدار رواناب حاصل از بارندگی مورد نظر برآورد می گردد.

۴-۱- کلیات

تخمین ضریب رواناب از مهمترین گامهای اولیه جهت استفاده از روش منطقی- احتمالی می باشد. این ضریب معمولاً بطور تجربی تعیین می گردد (مانند جدول (۲-۱۰)). در این مطالعه ضریب رواناب با استفاده از روش منطقی- احتمالی و با داشتن عوامل دیگر مانند دبی اوج، شدت بارندگی و مساحت حوضه بدست می آید. هر کدام از این عوامل نقش مؤثری در تخمین ضریب رواناب دارند، چون:

$$C(y) = \frac{Q(y)}{F.I(t_c, y).A} \quad (۴-۱)$$

در این رابطه، سه مؤلفه حداکثر دبی، شدت بارندگی و ضریب رواناب که در بخش (۲-۱۱) معرفی شده اند، تشریح می گردند.

۴-۲- تجزیه و تحلیل داده های دبی

با کمک آمار آبسنجی وزارت نیرو، ایستگاههایی که لیمنوگراف دارند و حداقل دارای ۱۰ سال آمار بودند انتخاب شدند. حال داده های مختلف دبی تشریح می گردند [۲۰].

الف- دبی متوسط روزانه

متوسط دبی های لحظه ای در طی یک شبانه روز می باشد.

ب- دبی حداقل سالانه

کمترین مقدار دبی متوسط روزانه در طی یک سال آبی می باشد.

ج- دبی حداکثر سالانه

بالاترین رقم دبی متوسط روزانه در طی یک سال می باشد.

د- دبی حداکثر لحظه ای

بالاترین رقم دبی لحظه ای در طی یک سال بوده و بطور مسلم از دبی حداکثر سالانه بیشتر است.

ه- دبی با دوره برگشت معین

فصل چهارم - معرفی مدل مورد استفاده در این تحقیق

از روی آمار موجود و با استفاده از توزیع های آماری برآورد شده و برای طراحی تأسیسات مختلف آبی بکار می رود.

ایستگاههای آبسنجی به چهار درجه تقسیم می شوند. ایستگاههای درجه یک دارای تجهیزات اشل، تلفریک و لیمنوگراف، ایستگاههای درجه دو دارای اشل و تلفریک، ایستگاههای درجه سه دارای اشل و لیمنوگراف و درجه چهار فقط دارای اشل می باشند [۸]. وضعیت ایستگاههای آبسنجی در جدول (۴-۱) آورده شده است.

در حوضه های آبخیز مورد مطالعه، بالاترین رقم دبی در هر سال دبی حداکثر لحظه ای انتخاب شده و با کمک برنامه های کامپیوتری TR و SMADA دبی های با دوره های برگشت مختلف و همچنین بهترین توزیع آماری آنها (بر اساس کمترین مجموع مربعات خطا) انتخاب گردید. دوره های برگشت مختلف عبارت بودند از ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال. توزیع های متداول آماری عبارتند از: نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳، گامبل، گاما و لوگ گاما [۱،۴،۱۴،۱۷،۱۸،۲۲،۳۴].

در هیدرولوژی بسیاری از توابع توزیع احتمال معمولاً قابل کاربرد هستند، ولی برای داده های دبی اوج لحظه ای و یا شدت بارندگی ممکن است فقط بعضی از توزیع ها قابل کاربرد باشند.

بنابراین در این مطالعه، با روش کمترین مجموع مربعات خطا بدلیل دقت مناسب این روش، توزیع بهینه انتخاب گردید. اساس این روش بر مجموع مربعات تفاضلهای بین دبی های حداکثر محاسبه ای و مشاهده ای می باشد.

در نهایت توزیعی برای برازش مناسب تر است که اختلاف ایجاد شده توسط آن توزیع کمتر از دیگر توزیع ها باشد [۴،۱۶،۱۷،۲۶،۲۸].

جدول (۴-۱) وضعیت ایستگاههای آبسنجی و ارزیابی آنها [۸].

جمع	درجه چهارم		درجه سوم		درجه دو		درجه یک		درجه ایستگاه
	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	
۸۱	-	۵۲	-	۷	-	۱	-	۲۱	تعداد کل
۵۴	۱۰۰	۲۷	۱۰۰	۷	-	-	۱۰۰	۲۰	تعداد موجود
۳۹	۵۵،۶	۱۵	۸۶	۶	-	-	۹۰	۱۸	خوب
	۳۳،۳	۹	۱۴	۱	-	-	۱۰	۲	متوسط
	۱۱،۱	۳	-	-	-	-	-	-	نامناسب

۴-۳- شدت بارندگی

در روش منطقی که میزان دبی اوج سیلاب تابعی از شدت بارندگی می باشد، برآورد یا محاسبه صحیح شدت بارندگی برای مدت بارندگی برابر با زمان تمرکز حوضه و در دوره برگشت برابر دوره طراحی از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. برای حوضه های دارای ایستگاه هواشناسی با باران سنج ثبات و به خصوص در صورت وجود آمار طولانی، می توان شدت بارندگی برای دوره برگشت مورد نظر را مستقیماً و با دقت مناسب با تجزیه و تحلیل آمار موجود باران محاسبه کرد. برای حوضه های فاقد آمار و یا دارای آمار ناقص می توان از روشهای غیرمستقیم دیگر مانند استفاده از ایستگاههای معرف، نسبت نرمال، همبستگی بین ایستگاهها و روش محورهای مختصات استفاده کرد [۱۸،۲۳].

برای ثبت شدت بارندگی از باران نگار یا باران سنج ثبات^۱ استفاده می گردد. در این نوع ایستگاهها مقادیر و یا ارتفاع بارندگی نسبت به زمان ثبت می گردند. دستگاههای ثبات مختلفی وجود دارند که عبارتند از [۱،۱۸،۲۳]:

الف- باران نگار سیفونی^۲

ب- باران نگار وزنی^۳

ج- باران نگار ترازویی^۴

در این مطالعه، با داشتن آمار شدت های ۱۵ دقیقه ای بارندگی حاصل از باران نگار وزنی، تهیه شده توسط سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)، شدتهای ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۳۶۰، ۵۴۰، ۷۲۰، ۹۰۰، ۱۰۸۰، ۱۲۶۰ و ۱۴۴۰ دقیقه ای با استفاده از یک برنامه کامپیوتری که به زبان Quick Basic نوشته شده است، محاسبه گردید. سپس با توجه به زمان تمرکز هر زیر حوضه، شدت بارندگی هم زمان آن حوضه انتخاب گردید، چون برابر بودن تداوم بارندگی با زمان تمرکز هر زیرحوضه یکی از فرضیات روش منطقی- احتمالی است. سپس با کمک برنامه کامپیوتری TR، شدتهای بارندگی با دوره های برگشت مختلف محاسبه گردیده و بهترین توزیع آماری آنها بر اساس کمترین مجموع مربعات خطا انتخاب شده و به جای پارامتر شدت بارندگی در روش استدلالی- احتمالی قرار داده شده است.

^۱- Recording gauge

^۲- Float type gauge

^۳- Weighing-type gauge

^۴- Tip tap

۴-۴- ضریب رواناب

یکی از مشکلات کاربرد روش منطقی، برآورد صحیح ضریب رواناب سطحی می باشد. ضریب رواناب سطحی در واقع نسبت بین میزان جریان سطحی (حجم یا ارتفاع) به کل بارندگی می باشد. این ضریب به عوامل مختلفی چون: شیب کلی حوضه، توپوگرافی حوضه، پوشش گیاهی، میزان لاشبرگ، درصد مواد آلی خاک، ظرفیت نگهداری سطحی، رطوبت اولیه، شدت بارندگی، میزان خلل و فرج خاک و در نهایت شدت نفوذ پذیری خاک بستگی دارد [۲۰].

مرکز تحقیقات آب در اوهایو آمریکا نشان داده است که از میان کلیه عوامل مؤثر بر میزان ضریب رواناب سه عامل شدت نفوذ پذیری سطحی خاک، پوشش سطحی زمین و شدت بارندگی از اهمیت بیشتری برخوردار می باشد [۲۰].

گری^۱ [۲۰] معتقد است که ضریب رواناب با شدت بارندگی ارتباط مستقیم دارد، چراکه میزان رواناب تولیدی تابعی از میزان نفوذ پذیری^۲ سطحی است. در صورتیکه ضریب رواناب برای تمام دوره بارندگی ثابت فرض شود (یکی از فرض های کاربرد روش منطقی) در این صورت میزان نفوذ پذیری نیز باید به همان نسبت شدت بارندگی زیاد یا کم شود تا یک نسبت جریان سطحی بدست آید. هورن^۳ و شواب^۴ معتقدند که همبستگی I و C کاملاً خطی نیست، بلکه تابعی لگاریتمی بصورت زیر می باشد [۲۰]:

$$C = a + b \ln I \quad (4-3)$$

که در آن:

C = ضریب رواناب

I = شدت بارندگی

a, b = ضرایب ثابت

¹ - Gray

² - Infiltration rate

³ - Horn

⁴ - Schwab

منحنیهای هم ضریب رواناب با کمک نرم افزار SURFER و با داشتن سه متغیر طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی ایستگاههای آبراهه‌های و ضریب رواناب برای دوره‌های برگشت مختلف در محدوده مطالعاتی طرح رسم گردیده است.

۴-۵- زمان تمرکز^۱

مدت زمان لازم برای رسیدن آب باران از دورترین نقطه حوضه آبخیز به نقطه خروجی حوضه را زمان تمرکز گویند. اگر فرض شود بارانی با شدت یکنواخت، برای مدت بسیار طولانی روی تمامی حوضه بیارد و شدت بارندگی بیشتر از ظرفیت نفوذ باشد، بلافاصله پس از آغاز بارندگی جریان رواناب از نقطه تمرکز شروع شده و به تدریج با گذشت زمان دبی خروجی از حوضه افزایش می‌یابد، زیرا رواناب دیگر نقاط حوضه نیز به آن افزوده می‌گردد. سرانجام پس از مدتی دبی به بیشترین مقدار خود می‌رسد و از آن پس به بعد تغییری رخ نخواهد داد. از شروع رواناب تا زمانی که دبی به مقدار ثابت خود می‌رسد، مدتی طول خواهد کشید که آنرا زمان تمرکز T_C نامند [۱۱، ۱۸، ۲۶، ۴۱].

روابط تجربی مختلفی برای تعیین زمان تمرکز پیشنهاد شده است که عبارتند از [۱۸، ۲۶، ۴۱]:

۴-۵-۱- روش کرپیچ^۲

$$T_c = 0.0003L^{0.77} S^{-0.385} \quad (4-4)$$

که در آن:

T_C = زمان تمرکز بر حسب ساعت

L = طولانی‌ترین مسیر حرکت آب در حوضه (طول آبراهه اصلی) بر حسب متر

S = شیب متوسط آبراهه بر حسب متر در متر

^۱ - Time of concentration

^۲ - Kirpich

بدلیل سهولت اندازه گیری پارامترهای این روش و نیز اینکه روش کرپیچ در حوضه های کوچک کاربرد دارد، لذا در این طرح از این روش برای تعیین زمان تمرکز استفاده گردیده است.

۴-۵-۲- روش سازمان حفاظت خاک آمریکا

این روش توسط کارشناسان سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) پیشنهاد گردیده است، که روش زمان تأخیر^۱ نیز نامیده می شود. در این روش ابتدا زمان تأخیر حوضه T_L و پس از آن زمان تمرکز محاسبه می شود [۲۳،۴۱]. فرمولهایی که برای محاسبات در سیستم انگلیسی استفاده می شوند عبارتند از :

$$T_L = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1900Y^{0.5}} \quad (۴-۵)$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (۴-۶)$$

$$T_C = \frac{5}{3}T_L \quad (۴-۷)$$

که در این روابط:

L = طول رودخانه اصلی بر حسب فوت

Y = متوسط شیب رودخانه اصلی بر حسب درصد

CN = شماره منحنی که به خصوصیات فیزیکی حوضه بستگی داشته و از جدول (۲-۲) بدست می آید

T_L = زمان تأخیر بر حسب ساعت

T_C = زمان تمرکز بر حسب ساعت

S = نشان دهنده نگهداشت آب در سطح حوضه

۴-۵-۳- روش برانزبی - ویلیامز^۲

$$T_c = 21.3 \frac{L}{5280} \left(\frac{1}{A^{0.1} S^{0.2}} \right) \quad (۴-۸)$$

که در آن:

T_c = زمان تمرکز بر حسب ساعت

L = طول رودخانه اصلی بر حسب متر

A = مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع

S = شیب متوسط آبراهه اصلی بر حسب متر بر متر

^۱ - Lag time

^۲ - Bransby-Williams

۴-۶- خلاصه

یکی از روشهای معمول در برآورد رواناب و دبی اوج سیلاب در حوضه های آبخیز که فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند ولی آمار بارندگی آنها موجود است، استفاده از مدل های بارش- رواناب می باشد. در این مدلها با استفاده از روابط ریاضی، مقدار رواناب حاصل از بارندگی مورد نظر برآورد می گردد. روش استدلالی- احتمالی همانند روش استدلالی می باشد. با این تفاوت که برای حوضه های بزرگتر نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد و عامل دوره برگشت نیز در فرمول استدلالی- احتمالی دخالت داده می شود.

فصل پنجم

مشخصات حوضه آبریز مورد

تحقیق

مشخصات حوضه آبریز مورد مطالعه

مقدمه

مطالعاتی که توسط بنگاه مستقل آبیاری (اداره رودخانه ها)، کارشناسان فائو^۱ و نیز کارشناسان ایرانی بر روی حوضه های منطقه ای در ایران از سال ۱۳۲۵ انجام گرفت، ایران به شش حوضه آبریز اصلی که در شکل (۱-۵) به ترتیب با شماره های ۱ تا ۶ مشخص شده اند، تقسیم بندی شده است [۲]:

- ۱- حوضه آبریز دریای خزر که برابر ۱۲ درصد مساحت ایران می باشد.
- ۲- حوضه آبریز خلیج فارس که برابر ۲۵ درصد مساحت ایران می باشد.
- ۳- حوضه آبریز دریاچه ارومیه که برابر ۳ درصد مساحت ایران می باشد.
- ۴- حوضه آبریز مرکزی که برابر ۵۰ درصد مساحت ایران می باشد.
- ۵- حوضه آبریز شرق (دریاچه هامون) که برابر ۷ درصد مساحت ایران می باشد.
- ۶- حوضه آبریز شمال شرق (منطقه سرخس و صحرای قره قوم) که برابر ۳ درصد مساحت ایران می باشد.

^۱- F.A.O

۵-۱- تقسیم بندی ریزتر برای حوضه های آبریز کشور به صورت زیر

است [۱۴،۱۵]:

۵-۱-۱- حوضه آبخیز دریای خزر

این حوضه آبخیز که مساحت آن به ۱۷۳،۳۰۰ کیلومتر مربع می‌رسد، دارای شیب زیاد بوده و بیشترین اختلاف ارتفاع حوضه آبخیزهای کشور را که بالغ بر ۵۵۰۰ متر است، به خود اختصاص داده است. در این محدوده سیزده رودخانه با مساحت حوضه آبخیز بیش از هزار کیلومتر مربع وجود دارد که رودخانه‌های ارس، سفیدرود، هراز و اترک از نظر وسعت حوضه آبخیز و ویژگیهای اقلیمی و تداوم آبدهی متفاوت از حوضه های دیگر می باشند. رودهای فوق دارای حوضه آبخیزهای کوهستانی وسیعی هستند و پوشش گیاهی غالب آنها جنگلی است.

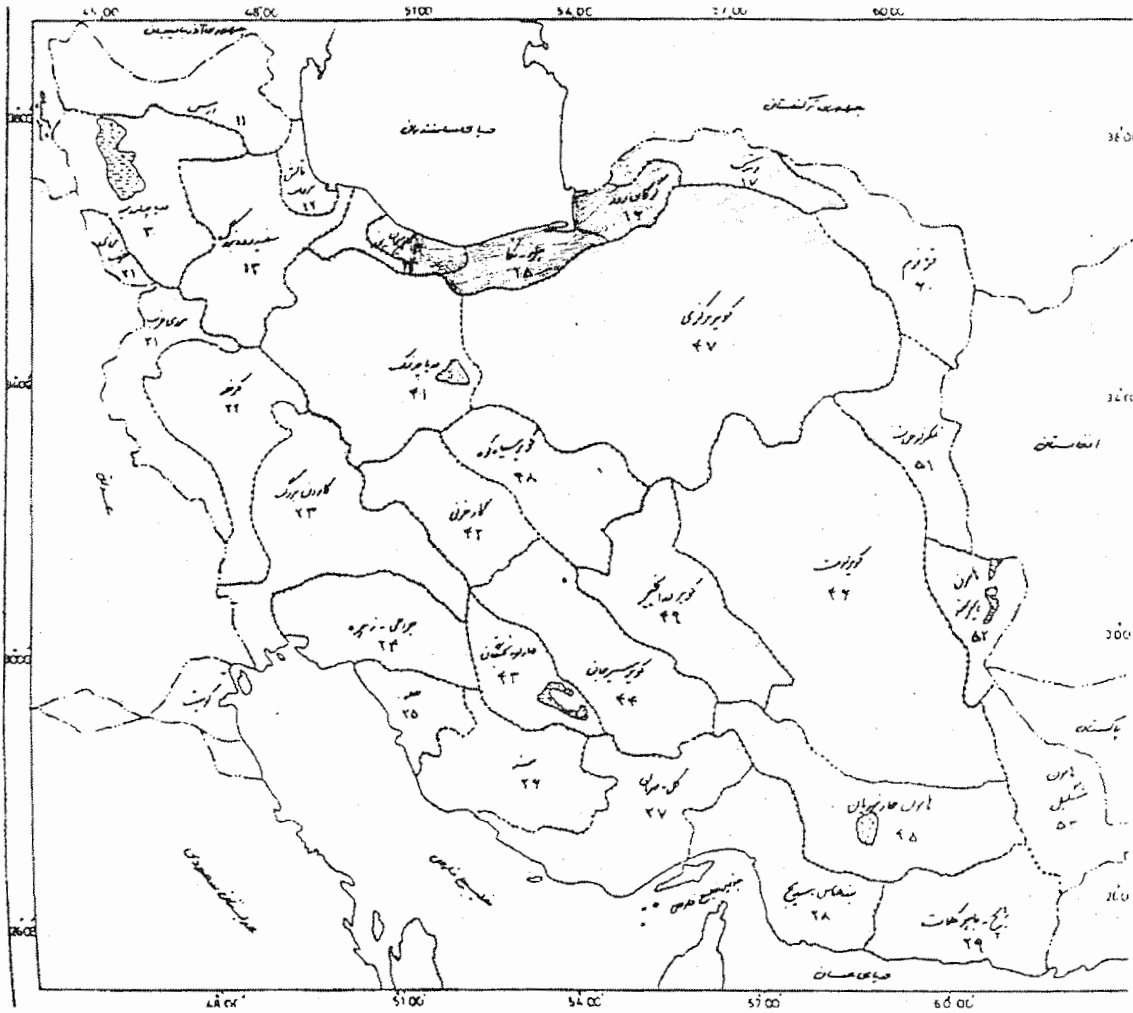
۵-۱-۲- حوضه آبخیز خلیج فارس و دریای عمان

این حوضه آبخیز با مساحت ۴۳۷،۱۵۰ کیلومتر مربع یکی از پهناورترین حوضه های آبخیز ایران محسوب می‌گردد و رودخانه‌های غرب، جنوب غربی و جنوب زیرحوضه های سرچشمه گرفته از کوههای زاگرس و بشاگرد و بلوچستان را در بر می‌گیرد. جمعاً ۲۹ رودخانه با مساحت بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع در این زیرحوضه وجود دارد که یا به درون کشور عراق جریان می‌یابند و پس از پیوستن به رودخانه دجله به خلیج فارس می‌ریزند و یا بطور مستقیم به خلیج مزبور و یا دریای عمان وارد می‌گردند. برخی از بزرگترین رودخانه‌های این حوضه آبخیز به ترتیب از شمال تا جنوب خاوری عبارتند از: سیروان، کرخه، کارون، جراحی، زهره، هله، موند، کل، میناب و سرباز.

در باب اهمیت این زیرحوضه فقط به این نکته بسنده می‌شود که رودهای دشت خوزستان به تنهایی ۳۰ درصد منابع آب کشور را دارا می‌باشند.

۵-۱-۳- حوضه آبخیز دریاچه ارومیه

مساحت حوضه دریاچه ارومیه ۵۰،۸۵۰ کیلومتر مربع است در این حوضه دریاچه ارومیه هشت رودخانه با مساحت آبریز بیش از هزار کیلومتر مربع وجود دارد و زرینه‌رود بزرگترین و مهمترین آنها بشمار



شکل (۱-۵) زیرحوضه های مختلف ایران و منطقه مورد مطالعه [۸]

۵-۱-۴- حوضه آبخیز دریاچه نمک قم

مساحت حوضه دریاچه نمک قم ۸۹،۶۵۰ کیلومتر مربع است و بخش بسیار ناچیز و کوچکی از آن نیز به دریاچه حوض سلطان و کویر میغان و دشت جنوبی قزوین وارد می گردد. رودخانه های جاجرود، کرج، شور، قره چای و قمرود به این حوضه زهکشی می شوند در این محدوده شش رودخانه با مساحت بیش از هزار کیلومتر مربع وجود دارد که رودخانه شور و قره چای و قمرود بزرگترین آنها محسوب می شوند.

۵-۱-۵- حوضه آبخیز اصفهان و سیرجان

این حوضه که از زیر حوضه های کوچک باتلاق گاوخونی، کویر ابرکوه، شورزار مروس و کویر سیرجان تشکیل یافته است، دارای ۹۰،۷۰۰ کیلومتر مربع مساحت است و زاینده رود بزرگترین رودخانه آن

بشمار می‌آید. انتقال آب کارون از طریق تونل کوه‌رنگ به زاینده رود از وقایعی است که بر بیلان هیدرولوژیک این محدوده تاثیر دارد.

۵-۱-۶- حوضه آبخیز نیریز یا بختگان

این حوضه با مساحت ۳۱,۰۰۰ کیلومتر مربع از حوضه های فرعی دریاچه کافت، دریاچه بختگان و دریاچه مهارلو تشکیل شده و رودخانه کر مهمترین رود این منطقه محسوب می‌شود.

۵-۱-۷- حوضه آبخیز جازموریان

حوضه جازموریان با مساحتی برابر ۶۹,۶۰۰ کیلومتر مربع در جنوب شرقی ایران و بین رشته کوه‌های بشاگرد (در جنوب) و جبال بارز (در شمال) جای دارد و آبهای سطحی آن کلاً به هامون جازموریان می‌ریزد. در این حوضه پنج رودخانه با مساحت آبریز بیش از هزار کیلومتر مربع وجود دارد که هلیل رود بزرگترین آنهاست.

۵-۱-۸- حوضه آبخیز دشت کویر

این حوضه که یکی از کم بارش ترین حوضه های کشور محسوب می شود از حوضه های کوچکتری چون کویر حاج علی قلی، کویر نمک و دشت گناباد تشکیل می‌یابد و مساحت آن به ۲۲۷,۴۰۰ کیلومتر مربع بالغ می‌گردد. از رودخانه‌های قابل توجه این حوضه به حبله رود (واقع در گرمسار) و کال شور جاجرم که یکی از طولی ترین رودخانه‌های ایران است، می‌توان اشاره نمود.

۵-۱-۹- حوضه آبخیز کویر لوت

مساحت این حوضه که حوضه کویر لوت از زیرحوضه های کوچکتری چون نمکزار طبس، دغ محمدآباد، کویر ساغند، شوره زارهای شمال خاوری شهرستان بافق و کویر سرچنگل تشکیل یافته و یکی از کم باران ترین و خشک ترین حوضه های ایران است به ۱۹۹,۰۰۰ کیلومتر مربع بالغ می‌گردد و از مهمترین رودخانه های آن که اغلب سیلابی و فصلی هستند می‌توان به رودخانه تهرود واقع در استان کرمان اشاره کرد.

۵-۱-۱۰- حوضه آبخیز اردستان و یزد و کرمان

این حوضه که با مساحت ۹۹،۸۰۰ کیلومتر مربع یکی از خشک‌ترین و بی‌آب‌ترین حوضه‌های ایران بشمار می‌آید، از زیرحوضه‌های کوچک‌تری چون دغ‌سرخ، کویر سیاه‌کو، کویر درانجیر، دشت جنوب خاوری یزد، شنزار کشکوئیه، دشت کویرات و شنزارهای جنوب کرمان تشکیل یافته است.

۵-۱-۱۱- حوضه صحرای قره‌قوم

مساحت این حوضه ۴۳،۵۵۰ کیلومتر مربع است و یکی از حوضه‌های کم‌بارش ایران محسوب می‌گردد. به همین دلیل حوضه آبخیز آن حالت سیلخیزی و رودها حالت فصلی دارند و رودهای کشف‌رود و جام‌رود از مهمترین آنها بشمار می‌آیند.

۵-۱-۱۲- حوضه آبخیز هامون

این حوضه که در شرق کشور واقع گردیده است مساحتی برابر با ۱۰۹،۸۵۰ کیلومتر مربع داراست و از حوضه‌های کوچک‌تری چون نمکزار خواف، دغ شکافته، دغ بالا، دغ پترگان، دغ توندی، دریاچه نمکزار، دریاچه هامون صابری، لورگ‌شتران، دریاچه هامون، هامون گودزره، دریاچه کرگی، هامون ماشکل و نمکزارکپ تشکیل یافته است. این حوضه نیز از جمله کم‌باران‌ترین و خشک‌ترین حوضه‌های ایران محسوب می‌شود و رودهای هیرمند و ماشکل مهمترین رودهای آن بشمار می‌آیند.

همانطور که مشاهده می‌شود هر حوضه به چند زیر حوضه تقسیم شده است. تحقیق حاضر در قسمتی از حوضه شماره یک انجام گرفته است که زیر حوضه های اترک، گرگانرود، هراز، نکا و نور در این محدوده قرار دارند. جدول (۵-۱) مشخصات کلی رودخانه های کشور را نشان می‌دهد [۶].

در این محدوده رودخانه هایی که رژیم برفی دارند مانند هراز از طرح حذف گردیده اند، به دلیل اینکه ذوب برف در دبی پایه این رودخانه تأثیر بسزایی دارد که نمی‌توان از روش منطقی-احتمالی برای محاسبه حداکثر دبی رواناب استفاده کرد. از طرفی ایستگاههای آبسنجی که کمتر از ۱۰ سال آمار داشتند نیز حذف گردیدند، چون با آمار کوتاه مدت نمی‌توان با دقت وقایع هیدرولوژیکی را تخمین زد. کمبود ایستگاههای آبسنجی و ثبات بارندگی در ایران از مشکلاتی به شمار می‌رود که شایسته است وزارت نیرو و سازمان هواشناسی کشور در رفع آن کوشیده و تعداد این ایستگاهها را افزایش دهند.

جدول (۵-۱) فهرست و مشخصات کلی رودخانه های کشور [۱۴].

نام استان	ردیف	نام رودخانه	مساحت حوضه آبخیز (کیلومتر مربع)	طول رودخانه (کیلومتر)	دبی متوسط (مترمکعب بر ثانیه)
اصفهان	1	خوانسار	90	40	
	2	شورمبارکه	130	70	
	3	گازرگاه	105	45	
	4	مرغاب	90	40	
	5	زاینده رود	27100	405	1053
آذربایجان غربی	1	الند	781	53	
	2	زرینه رود	11850	302	1813
	3	سیمینه رود	4000	173	574
	4	قطور چای	8600	200	470
	5	نازلوچای	1975	95	413
آذربایجان شرقی	1	آجی چای	7432	77	
	2	آیدوغموش	1500	132	183
	3	ارس	39050	910	5700
	4	اهرچای	3035	132	160
	5	بالهارود	1643	75	
	6	صوفی چای	754	55	110
ایلام	1	چرداول	2522	203	
	2	چنگوله	1200	84	
	3	دره شهر	35	15	
	4	دویرج	1208	188	156
	5	سیمره			
	6	کنجانچم	2400	90	
	7	کنگیر	1110	100	
	8	میمه	2800	145	
مازندران	1	اترک	27546	214	
	2	بابلرود	1430	67/5	
	3	چالکروود	420/63	37	
	4	چالوس	555	50	
	5	خیرود	210	26	
	6	صفارود	140	21	
	7	تالار	2478	121	
	8	گرگانرود	10660	260	

ادامه جدول (۵-۱) فهرست و مشخصات کلی رودخانه های کشور [۱۴].

نام استان	ردیف	نام رودخانه	مساحت حوضه آبخیز (کیلومتر مربع)	طول رودخانه (کیلومتر)	دبی متوسط (مترمکعب بر ثانیه)
هرمزگان	1	جاماش	1048	118	
	2	جفین	3225	67/5	
	3	حاجی آباد	788	65	
	4	کل	39500	360	
	5	میناب	6900	240	
چهار محال و بختیاری	1	ارمند کارون	9983	198/5	
	2	بازفت	2169	162/2	
	3	خرسان	8926	242	
	4	کیار	1520	105/1	
بوشهر	1	دالکی	5800	170	444
	2	شاهیپور	3990	300	
	3	شورمبارکه	1500	70	
	4	مند	38550	685	1378
	5	حله	10350	230	170
تهران	1	قمرود	14200	288	150
	2	گلابدره	20	4	
	3	جاجرود	2600	140	253
	4	کرج	2800	245	499
	5	سولقان		33	88
خراسان	1	اترک	560	36	
	2	قره تیکان	871/94	58	
	3	کشف رود	16200	300	67
خوزستان	1	زهره	3096	140	
	2	دز	17813	510	
	3	کارون	60737	800	
	4	کرخه	43183	900	
	5	مارون	5375	422	
	6	هندیجان	13073	415	
زنجان	1	شاهرود	848	44/5	
	2	قزل اوزن	50000	223	
	3	زنجانرود	4500	142	195

ادامه جدول (۵-۱) فهرست و مشخصات کلی رودخانه های کشور [۱۴].

نام استان	ردیف	نام رودخانه	مساحت حوضه آبخیز (کیلومتر مربع)	طول رودخانه (کیلومتر)	دبی متوسط (مترمکعب بر ثانیه)
سمنان	1	حبله رود	3209	10	
	2	دامغان	1310	20	
	3	چشمه علی		65	
سیتان و بلوچستان	1	سرباز	8910	212/5	
	2	کاجو	3750	475	
	3	ماشکید	16850	240	
	4	هیرمند		1390	2200
فارس	1	دالکی	5210	150	
	2	کر	16500	280	610
کردستان	1	قشلاق	19125	45	
	2	تلوار	38312	60	
	3	زریوار	15000	20	
	4	قزله سو	980	25	
	5	گاورد	215625	125	
کرمان	1	آببخشاء	1123/6	57/5	
	2	آبدر	26/9	10	
	3	شور جیرفت	1297/5	79	
	4	هلیل	7600	350	
لرستان	1	تیره و سیلاخور	2400	78/5	
	2	خرم آباد	1590	49/7	
	3	کشکان	9120	230/5	
گیلان	1	سفیدرود	58250	765	
	2	آستاراچای		33	
	3	پلرود	2000	82	
مرکزی	1	قره چای	9060	302	
	2	مزلقان	300	40	
همدان	1	گاماسیاب	7770	270	
یزد	1	اویچ	201	30	
	2	ندوشن	1108	57	
	3	میانکوه	657	42/7	

منبع: وزارت نیرو

۵-۲- رودخانه‌های جاری در منطقه [۳،۶]**۵-۲-۱- رودخانه اترک**

یکی از رودخانه‌های نسبتاً طولانی ایران می‌باشد که حوضه آبخیز آن در منتهی الیه شمال شرقی کشور و در مشرق دریای مازندران قرار دارد. سطح حوضه آبخیز رودخانه اترک و رودخانه سومبار (که قسمت اعظم آن در خارج از ایران و در خاک ترکمنستان واقع می‌باشد)، حدود ۲۸۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. قسمت عمده این حوضه را مناطق کوهستانی تشکیل داده و مساحتی کمتر از یک چهارم آن در مناطق دشتی و کوهپایه‌ای قرار دارد. شاخه‌های اولیه اترک از دامنه‌های غربی کوه هزارمسجد و لاله رویان واقع در اطراف قوچان سرچشمه گرفته و این رودخانه را تشکیل می‌دهند. اترک ابتدا دشت قوچان را مشروب کرده و پس از گذشتن از دره‌ها و تنگه‌های باریک به نقطه مرزی چات می‌رسد. از این نقطه مرز مشترک ایران و ترکمنستان به طول تقریبی ۱۹۵ کیلومتر تشکیل گردیده و سرانجام در خلیج حسین قلی خان وارد دریای خزر می‌گردد.

طول رودخانه اترک حدود ۷۱۵ کیلومتر است که تقریباً ۱۹۵ کیلومتر آن را مرز ایران و ترکمنستان تشکیل داده است. رودخانه‌هایی از قبیل آب آمند، کاشان، آب خرتوت، دره قزل داشی، آب گرماب، آجی چای، بدرانلو، بیرم آباد، تنسوان، چری، چناران، سومبار، چندیر، شیرین دره، فیروزه و گرماب از جمله شاخه‌های رودخانه اترک می‌باشند.

۵-۲-۲- رودخانه آزاد رود

نام دیگر این رودخانه نشتارود می‌باشد و در جنوب شرقی تنکابن جریان دارد. این رودخانه از ارتفاعات واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب تنکابن سرچشمه می‌گیرد و در جهت شمال جاری می‌شود و روستاهای چالو، پل سرا و نشتارود را مشروب نموده و در همین محل وارد دریای خزر می‌گردد. طول رودخانه ۵۰ کیلومتر و وسعت حوضه آبخیز آن ۲۰۰ کیلومتر مربع است. این رودخانه دارای آب دائم بوده و دوران پرآبی آن در بهار می‌باشد.

۵-۲-۳- رودخانه اسپه رود

نام دیگر این رودخانه پلنگ رود می‌باشد که از رودخانه‌های کوچک دریای خزر بوده و در شهرستان نوشهر جریان دارد. این رودخانه از دامنه کوه کم ارتفاع پیمور واقع در ۲۹ کیلومتری جنوب غربی این شهر سرچشمه می‌گیرد و در جهت شمال جاری می‌گردد. طول این رودخانه کوچک ۱۴ کیلومتر و حوضه آبخیز آن کم وسعت، پوشیده از جنگل و کوهستانی می‌باشد. این رودخانه دارای آب دائم با جریان پایه کمی می‌باشد.

۵-۲-۴- بابل رود

بخش عمده حوضه آبخیز این رودخانه در مناطق جنگلی با ارتفاع حدود ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر واقع شده است. رژیم آبدهی رودخانه بارانی- برفی بوده و پر آب بودن آن عمدتاً مربوط به جریان سیلابهای مکرر ناشی از بارندگی در ارتفاعات جنگلی است. این رودخانه از رشته ارتفاعات البرز مرکزی سرچشمه می‌گیرد. رودخانه بابل شامل یک شاخه اصلی بنام بابلرود بوده که جهت آن از جنوب بسمت شمال می‌باشد. طول این رودخانه از سرچشمه تا دریا حدود ۱۰۰ کیلومتر است. شاخه سجادرود از سمت غرب رودخانه اصلی سرچشمه گرفته و پس از طی مسیری حدود ۵۰ کیلومتر از شروع دشت به بابلرود می‌ریزد. رودخانه بابلرود در مسیر خود از شهرهای بابل و بابلسر عبور کرده و سپس به دریا می‌ریزد. شاخه‌های اولیه رودخانه بابل بنام آذر، اسکلیم، کرسنگ، بابلک و آزرود در محلی بنام دهکلان بهم پیوسته و رودخانه بابل را تشکیل می‌دهند. رودخانه دارای آب دائم بوده و بعلاوه پایین بودن نسبی ارتفاع حوضه آبخیز، دارای رژیم بارانی- برفی بوده و دوران پرآبی آن در بهار می‌باشد. وسعت حوضه آبخیز آن حدود ۱۵۰۰ کیلومتر مربع برآورد شده است. مناطق مرتفع آبخیز رودخانه بابل پوشیده از جنگل و درخت می‌باشد.

۵-۲-۵- رودخانه پلور

این رودخانه از شاخه‌های هراز بوده و از دامنه‌های کوه گل‌زرد واقع در شمال شرقی تهران سرچشمه می‌گیرد. ابتدا در جهت مشرق جریان یافته و در شمال امامزاده هاشم وارد دره هراز می‌گردد و سپس در امتداد این دره جریان می‌یابد و در نهایت با رودخانه لار تلاقی کرده و رودخانه هراز را تشکیل می‌دهد. طول این رودخانه ۱۲ کیلومتر و جریان آب آن دائمی است.

۵-۲-۶- رودخانه تجن

این رودخانه از جهت وضع طبیعی و مشخصات فیزیکی و بالاخره پوشش گیاهی به رودخانه طالار نزدیک می‌باشد. شاخه اصلی رودخانه تجن بنام چهار دانگه، از ارتفاعات شرق بنامهای کور چشمه، بادله و سرکوه با ارتفاعی حدود ۲۶۰۰ تا ۳۲۵۰ متر سرچشمه گرفته و از سمت شرق بطرف غرب جریان پیدا نموده تا در محلی بنام ریگ چشمه با شاخه دیگر تجن که از جنوب منطقه سرچشمه می‌گیرد متصل شده و پیکره اصلی رودخانه اصلی را تشکیل می‌دهند.

شاخه جنوبی تجن از دو شاخه بنامهای سفید رود و شیرین رود تشکیل شده است که این دو رودخانه در محلی بنام سلیمان تنگه بهم ملحق می‌گردند. در فاصله این نقطه تا تلاقی با شاخه اصلی تجن که حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد، یک شاخه دیگر بنام لاجیم دره از سمت غرب به آن اضافه می‌گردد.

طول شاخه اصلی تجن از سرچشمه تا محل ریگ چشمه ۸۵ کیلومتر بوده و جهت جریان آن از این نقطه به بعد تغییر نموده و از جنوب به سمت شمال می‌باشد. در فاصله ۱۱ کیلومتری پایین دست ریگ چشمه شاخه ظالم رود از سمت شرق به رودخانه تجن می‌پیوندد که این شاخه نسبتاً بزرگ بوده و طول آن ۱۰۰ کیلومتر و جهت آن شرقی- غربی می‌باشد.

رودخانه تجن در شهرستان ساری واقع بوده و مسیر رودخانه از سرچشمه تا ۸ کیلومتری ساری کوهستانی و پس از عبور از این نقطه جلگه‌ای می‌گردد. طول این رودخانه از سرچشمه سفید رود ۱۷۲ کیلومتر است. رژیم رودخانه برفی- بارانی بوده و رودخانه دارای آب دائمی می‌باشد. رودخانه‌هایی از قبیل آب تیر جاری، ببرچشمه، روشن آب، زارمرود(گرمروود)، سادات محله، سالار، سفید، سنگ چشمه، سنور، فک بن و گلو رود شاخه‌های مختلف تجن می‌باشند.

۵-۲-۷- رودخانه جعفرآباد

این رودخانه از شاخه‌های رودخانه آب غلامرضا می‌باشد که از تلاقی دو شاخه اولیه خود بنامهای لاله بند و قنبر سرا که شاخه‌های کوچکی بوده و از دامنه‌های شمالی کوه چل چلی واقع در جنوب شرقی گرگان سرچشمه می‌گیرند، تشکیل می‌گردد. حوضه آبخیز آن کوهستانی و پوشیده از درخت است.

۵-۲-۸- رودخانه چالکروود

این رودخانه در شهرستان رامسر واقع می‌باشد و یکی از رودخانه‌های مستقل دریای خزر می‌باشد. شاخه‌های اولیه آن از دامنه‌های کوه بزاین واقع در ۲۵ کیلومتری رامسر و کوه سماموس واقع در جنوب غربی رامسر سرچشمه می‌گیرند. سپس در روستای زردسرا بهم پیوسته و نیز در روستای هزار لات رودخانه آرمو و در روستای جیرکریم رودخانه لاک‌تراشان به آن اضافه می‌گردند.

پس از این تلاقی و عبور رودخانه از میان دره‌های تنگ و پیوستن رودخانه جالیسان به آن، در چالکروود وارد دریای خزر می‌گردد. طول این رودخانه ۵۶ کیلومتر و سطح حوضه آبخیز آن ۴۸۰ کیلومتر مربع می‌باشد.

بیشتر این حوضه پوشیده از جنگل بوده و رودخانه دارای حوضه آبخیز کوهستانی و مرتفع می‌باشد. رژیم رودخانه برفی- بارانی بوده و دوره پرآبی آن در بهار و دارای سیلابهای بزرگ در پاییز می‌باشد. رودخانه‌هایی از قبیل آرمو، جالیسان و لاک تراشان شاخه‌های مختلف چالکروود می‌باشند.

۵-۲-۹- رودخانه چالوس

این رودخانه از قلّه‌هایی با ارتفاع متوسط ۴۰۰۰ متر در البرز مرکزی با اسامی سنگله، سوتک، کندوان، سردرود و آبنه سرچشمه می‌گیرد. رودخانه از سه شاخه اصلی بنام کندوان، هریجان (الیکا) و انگوران تشکیل شده و جهت جریان آن از جنوب بطرف شمال می‌باشد. دو شاخه الیکا و کندوان در محل پل زنگوله بهم رسیده و رودخانه چالوس را تشکیل می‌دهند. شاخه سوم (رودخانه انگوران) که ارتفاعات غربی حوضه و مشرف به شاهرود و سردارود را زهکشی می‌نماید، در محلی بنام دزدبن به شاخه‌های دیگر ملحق می‌گردد. آب رودخانه چالوس در بالادست، ناشی از ذوب برف زمستانی است که در دره‌ها و جویبارهای پرشیب آن جریان دارد. در پایین دست رودخانه، دو شاخه آسیاب رود و رودخانه هنیسک به شاخه اصلی متصل می‌شوند.

حوضه آبخیز چالوس در پایین دست، محل تلاقی هنیسک به رودخانه چالوس (ایستگاه اندازه‌گیری پل زغال) بطور کامل از جنگل پوشیده و در بالا دست آن با افزایش ارتفاع از تراکم پوشش کاسته شده بطوریکه قسمتهای فوقانی حوضه فاقد هرگونه پوشش گیاهی می‌باشد که این امر سبب گردیده است که رودخانه دارای جریانهای سیلابی رسوب‌دار باشد.

طول رودخانه اصلی ۱۸۰ کیلومتر می‌باشد و در شهر چالوس وارد دریای خزر می‌گردد. این رودخانه دارای آب دائمی است. رودخانه چالوس دارای یک مسیر کو هستانی بوده و بستر آن سنگی و باریک و جریان آب آن سیلابی است. رودخانه‌هایی از قبیل آسیاب، انگوران، اولیا رود، ایلیکا، براررود، خشک، سرخورد و هرسیک از شاخه‌های رودخانه چالوس می‌باشند.

۵-۲-۱۰- رودخانه چشمه کیله

این رودخانه از دو شاخه اصلی بنامهای دوهزار و سه‌هزار تشکیل گردیده که از ارتفاعات بلند تخت سلیمان، الموت و خشچال سرچشمه می‌گیرد. شاخه دوهزار از سمت غرب و شاخه سه‌هزار از سمت جنوب سرچشمه گرفته و در روستای پرده سر بهم رسیده و رودخانه‌های چشمه کیله را بوجود می‌آورند. شاخه سه‌هزار از دوهزار طولانی‌تر بوده و تا محل تلاقی به ۴۶ کیلومتر می‌رسد و طول رودخانه اصلی نیز از محل روستای پرده سر تا دریا حدود ۳۰ کیلومتر می‌باشد.

در روستای هراتبر شاخه ولم رود که ۹۰ درصد جریان سطحی آن از بارندگیهای ارتفاعات جنگلی تأمین می‌گردد از سمت شرق به آن اضافه می‌گردد. حوضه آبخیز دوهزار و سه‌هزار تا ارتفاع حدود ۲۲۰۰ متر از جنگل پوشیده شده و بالاتر از این ارتفاع که حدود ۴۵ درصد وسعت آبخیز هر دو شاخه را تشکیل می‌دهد، شامل مراتع و صخره‌هایی برفگیر می‌باشد.

این رودخانه دارای آب دائمی است و بستر آن تا نزدیکی دریا دارای شیب تند و سنگلاخی است. رژیم رودخانه برفی است و آب آن در فصول بارندگی زیاد می‌گردد ولی عمدتاً ناشی از ذوب برف می‌باشد. طول رودخانه چشمه کیله ۸۰ کیلومتر است.

۵-۲-۱۱- رودخانه خیررود

این رودخانه در شهرستان نوشهر واقع بوده و از رودخانه‌های مستقل حوضه آبخیز دریای خزر می‌باشد. شاخه‌های اولیه آن بنام کلیک و گل بند پس از سرچشمه گرفتن از ارتفاعات واقع در جنوب شرقی نوشهر بهم پیوسته و سپس در جهت شمال جریان می‌یابد. این رودخانه از روستای سنگ تجن و خیررود کنار و سید علی آباد عبور نموده و وارد دریای خزر می‌گردد. طول این رودخانه حدود ۳۴ کیلومتر بوده و حوضه آبخیز آن پوشیده از جنگل می‌باشد. این رودخانه دارای آب دائمی می‌باشد.

۵-۲-۱۲- رودخانه سرداب رود

این رودخانه جزو رودخانه‌های پرآب با دبی پایه بالا می‌باشد و دارای تغییرات ماهانه کم است. رودخانه از یک شاخه اصلی که مستقیماً از قلّه ۴۸۰۰ متری علم کوه سرچشمه می‌گیرد، تشکیل شده و سپس پنج شاخه فرعی از طرف غرب به آن اضافه می‌گردد که جهت جریان این رودخانه از جنوب به طرف شمال می‌باشد.

رودخانه سردا رود پس از طی مسافت ۳۰ کیلومتر از سرچشمه به دشت کلاردشت وارد می‌شود و نیز در مصب رودخانه، آبادی سرداب‌رود واقع شده است. نام دیگر این رودخانه روار می‌باشد و به موازات تقریبی رودخانه چالوس جریان دارد. طول این رودخانه ۶۷ کیلومتر بوده و حوضه آبخیز آن غیر از قسمت کوچکی از آن بقیه این حوضه در مناطق مرتفع و بلند کوهستانی واقع بوده و پوشیده از جنگل می‌باشد. رودخانه سرداب رود دارای آب دائمی می‌باشد و دارای رژیم برفی- بارانی است.

۵-۲-۱۳- رودخانه سرمه رود

نام دیگر این رودخانه جادره می‌باشد که از شاخه‌های رودخانه زرین گل است و از دامنه‌های غربی کوه قلعه‌موران در شرق علی‌آباد سرچشمه می‌گیرد. طول این رودخانه حدود ۹ کیلومتر و حوضه آبخیز آن کم وسعت و کوهستانی و پوشیده از جنگل می‌باشد و این شاخه دارای آب دائمی است.

۵-۲-۱۴- رودخانه سیاه‌رود

این رودخانه از شاخه‌های سفیدرود می‌باشد و از دامنه‌های کوه دیلمان سرچشمه گرفته و در بخش مرکزی شهرستان جویبار جریان دارد. شاخه‌های اولیه رودخانه در روستای قوشه‌لار بهم پیوسته و در روستای ویل شاخه مهمی بنام آب‌دوگاهه دریافت می‌کند و سپس در توتکابن وارد سفیدرود می‌گردد. طول این رودخانه ۴۰ کیلومتر بوده و حوضه آبخیز آن بطور عمده کوهستانی و پوشیده از جنگل می‌باشد. این رودخانه دارای آب دائمی است و نام دیگر این رودخانه توتکابن می‌باشد. رودخانه‌هایی از قبیل آب‌دوگاهه، سیردشت، کیهان و نوده از شاخه‌های رودخانه سیاه‌رود می‌باشند.

۵-۲-۱۵- رودخانه شیررود

از شاخه‌های رودخانه چشمه کیله بوده و در ابتدا می‌دره نام داشت. از دامنه کوه سرگل در جنوب غربی تنکابن سرچشمه می‌گیرد. طول این رودخانه ۳۵ کیلومتر بوده و حوضه آبخیز آن بطور کامل کوهستانی و مرتفع است. دارای آب دائمی است و نام دیگر آن تیرم می‌باشد.

۵-۲-۱۶- رودخانه صفارود

این رودخانه در شهرستان رامسر جریان دارد و از دامنه‌های کوه ساموس سرچشمه می‌گیرد. شاخه‌های اولیه آن در دهکده بازو بهم پیوسته و آنرا بوجود می‌آورند و سپس در شمال شهر رامسر وارد دریای خزر می‌گردد. طول این رودخانه ۳۵ کیلومتر است. رودخانه دارای آب دائم و حوضه آبخیز آن مرتفع، کوهستانی و پوشیده از جنگل می‌باشد. این رودخانه طغیانی و رژیم آن برفی- بارانی است.

۵-۲-۱۷- رودخانه طالار

رودخانه طالار از مناطق کوهستانی سوادکوه، عباس آباد با قلی به ارتفاع ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر سرچشمه می‌گیرد که این ارتفاعات مناطق سمنان و فیروزکوه را از جلگه مازندران جدا می‌کنند. این رودخانه دارای آب دائم می‌باشد.

این رودخانه در سرچشمه از شاخه‌های متعددی بنامهای کبیر، سرخاب، چرات و شش رودبار تشکیل شده است. دو شاخه کبیر و سرخاب در محل دوآب رودخانه طالار را تشکیل می‌دهند و دو شاخه چرات و شش رودبار در متطقه پل سفید به رودخانه اصلی ملحق گردیده و رودخانه از این نقطه تا حدود ۴۰ کیلومتر در منطقه نیمه جنگلی جریان پیدا می‌کند که در وسط این مسیر، رودخانه کسلیان در محل شیرگاه به آن می‌ریزد.

طول رودخانه طالار از سرچشمه تا ورود به دشت ۱۱۰ کیلومتر بوده و جهت جریان آن بطور کلی از سمت جنوب بطرف شمال می‌باشد. رژیم رودخانه طالار در سرچشمه برفی و در پایین دست برفی- بارانی و در نواحی دشتی ساحلی، بارانی می‌باشد.

رودخانه‌هایی از قبیل بزلا، توجی، توجی، چرات، سرخاب، کبیر و کسلیان شاخه‌های رودخانه طالار می‌باشند.

۵-۲-۱۸- رودخانه قرن آباد

این رودخانه یکی از شعبه‌های رودخانه گرگان بوده و در شرق گرگان جریان دارد. از دامنه‌های شمالی کوه النگ واقع در جنوب شرقی گرگان سرچشمه می‌گیرد و در مسیر خود، رودخانه قور هم به آن متصل می‌گردد. طول این رودخانه ۳۹ کیلومتر و قسمت اعظم حوضه آبخیز آن در منطقه کوهستانی و پوشیده از جنگل است. نام دیگر این رودخانه امامزاده می‌باشد.

۵-۲-۱۹- رودخانه کاظم رود

این رودخانه در شهرستان تنکابن قرار دارد که از دامنه کوه پیمور سرچشمه گرفته و به سمت شمال شرقی جریان می‌یابد. در جنوب روستای لنگا شاخه‌ای بنام تک‌رود به آن ملحق شده و سپس وارد دریای خزر می‌گردد.

طول این رودخانه ۱۸ کیلومتر و دارای آبدهی کم می‌باشد و رژیم رودخانه بارانی- برفی است.

۵-۲-۲۰- رودخانه کسلیان

این رودخانه در شهرستان پل سفید واقع بوده و یکی از شاخه‌های رودخانه طالار می‌باشد و از دامنه‌های شمال شرقی کوه گلرد سرچشمه می‌گیرد و نیز در جهت شمال غربی در جریان بوده و سپس با شاخه کوچکی بنام سوخته‌سرا تلاقی می‌نماید و پس از این محل تغییر مسیر داده و در شیرگاه وارد رودخانه طالار می‌گردد.

طول این رودخانه ۵۸ کیلومتر و وسعت حوضه آبخیز آن بالغ بر ۳۳۵ کیلومتر مربع می‌باشد. این رودخانه دارای آب دائمی و حوضه آبخیز آن کوهستانی و پوشیده از جنگل می‌باشد.

۵-۲-۲۱- رودخانه کنس رود

از رودخانه‌های کوچک دریای خزر بوده و در شهرستان نور واقع است که از منطقه لاردره واقع در جنوب شرقی شهرستان نور سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه دارای آب دائم بوده و طول رودخانه ۱۶ کیلومتر می‌باشد و حوضه آبخیز آن محدود و پوشیده از جنگل است.

۵-۲-۲۲- رودخانه کور کورسر

این رودخانه در شهرستان نوشهر واقع می‌باشد. نام دیگر آن ماشلک و نوشهر می‌باشد. از دامنه‌های شمالی کوه جمند که پوشیده از جنگل است و در جنوب نوشهر واقع می‌باشد سرچشمه می‌گیرد. طول این رودخانه ۲۴ کیلومتر می‌باشد.

۵-۲-۲۳- رودخانه گرگان

این رودخانه در منطقه گرگان و دشت مازندران واقع می‌باشد. این رودخانه از منتهی الیه غربی کوه‌های خراسان سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از مسیرهای پر پیچ و خم وارد خلیج گرگان می‌گردد. در مسیر رودخانه، رودخانه‌هایی از قبیل تیل‌آباد، رامیان، زرین‌گل و امامزاده به آن ملحق می‌گردند. طول این رودخانه ۳۵۰ کیلومتر بوده و دارای آب دائمی می‌باشد.

رودخانه مادر سر از سرشاخه‌های گرگانرود بوده که از حوضه آبریز نسبتاً بزرگی در استان خراسان منشاء می‌گیرد. حوضه آبریز رودخانه مادر سر در منتهی الیه شمال غربی استان خراسان و در فاصله حدود ۱۵۰ کیلومتری غرب شهر بجنورد واقع شده است. روستاهای واقع در حوضه آبریز این رودخانه عبارتند از: سفید والی در شرق، نردین در جنوب، نایین در غرب و روستای دشت در خروجی حوضه از استان خراسان واقع شده اند.

سیلابهای رودخانه مادر سر در استان خراسان از دو مسیل یکی مسیل دشت و دیگری مسیل رباط قره بیل متأثر می‌باشد. مساحت و محیط حوضه آبریز مسیل دشت تا تلاقی با جاده اصلی بجنورد- گرگان به ترتیب ۱۰۰۹ کیلومتر مربع و ۱۷۰ کیلومتر می‌باشد. حداکثر ارتفاع این حوضه ۲۵۸۸ متر واقع در جنوب غرب و حداقل آن ۹۷۰ متر از سطح دریا در محل خروجی می‌باشد. در داخل حوضه آبریز مسیل دشت و بر روی یکی از سرشاخه‌های شمال غربی آن که مشرف به روستای دشت است از سال ۱۳۶۵ یک بند خاکی ذخیره ای به طول حدود ۴۰۰ متر و ارتفاع ۲۰ متر توسط اداره کل منابع طبیعی استان گلستان احداث گردیده که از ذخیره آب جهت آبیاری بادام زارهای پایین دست آن استفاده می‌شده است. مساحت حوضه آبریز بالادست این بند خاکی حدود ۸۸/۵ کیلومتر مربع با محیط ۴۵ کیلومتر می‌باشد. حداکثر ارتفاع حوضه آبریز این بند ۲۲۵۰ متر و حداقل آن در محل احداث بند ۱۸۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد. گنجایش دریاچه این سد حدود ۲-۳ میلیون متر مکعب تخمین زده می‌شود. حوضه آبریز مسیل رباط قره بیل در

جناح شمال شرقی مسیل دشت واقع گردیده که پس از عبور از حاشیه روستای چشمه خان در محل تلاقی مسیل دشت و جاده اصلی بجنورد- گرگان با این مسیل تلاقی نموده و رودخانه مادر سر را تشکیل می دهند. مساحت و محیط حوضه آبریز مسیل رباط قره بیل تا محل تلاقی آن با مسیل دشت به ترتیب ۴۴۴ کیلومتر مربع و ۱۱۰ کیلومتر می باشد. حداکثر ارتفاع آن ۲۳۷۰ متر در شرق و حداقل آن ۹۷۰ متر از سطح دریا در محل تلاقی با مسیل دشت می باشد.

۵-۲-۲۴- مشخصات برخی از زیر حوضه های حوضه آبریز تیل آباد- نوده در زیر آمده

است:

۵-۲-۲۴-۱- دشت زردابه : قطعه T-1

این قطعه در منتهی الیه جنوب شرقی محدوده مورد مطالعاتی قرار دارد که به علت مجاورت با خوش ییلاق و تیل آباد و ارتفاعات مرتفع از آب و هوایی نسبتاً سردی در بهار و تابستان و یخبندان نیمه دوم پاییز و زمستان و نیمه اول بهار برخوردار می باشد. در خروجی آبدهی جریان وجود نداشته و کلیه ریزش های جوی با توجه به وضعیت بستر درشت دانه در خط القعر حوضه بصورت برف (یخ) درآمده و در اثر تغییرات درجه حرارت به داخل طبقات زیرین نفوذ می کند. خط الرأس این قطعه جدا کننده حوضه از حوضه تنگراه (محدوده نردین) و شهرستان شاهرود و ارتفاعات خوش ییلاق می باشد. دشت زردابه دارای ۲۲۳/۵۶ کیلومتر مربع مساحت می باشد که از ارتفاع ۲۳۲۱ متری سرچشمه گرفته و خروجی آن در ارتفاع ۹۸۰ متری از سطح دریای خزر قرار دارد.

۵-۲-۲۴-۲- خوش ییلاق : قطعه T-2

زیر حوضه خوش ییلاق , خط الرأس حوضه آبریز گرگانرود با شهرستان شاهرود بوده و مسیر رودخانه اصلی آبرفتی است. خوش ییلاق دارای محدوده ای به وسعت ۷۸/۵۵ کیلومتر مربع بوده که مرتفع ترین نقطه آن در ارتفاع ۲۷۸۲ متر از سطح دریای آزاد می باشد. نقطه خروجی این قطعه در ارتفاع ۹۸۰ متری از سطح دریا بوده که با الحاق به مسیر دشت زردابه به طرف پایین دست جریان می یابد.

T-3-2-24-3- تیل آباد : قطعه T-3

رودخانه تیل آباد که آبدهی آن بستگی به وجود سرچشمه های متعددی دارد که جریان ماهانه و سالانه آنرا تشکیل می دهند و در حقیقت در برگیرنده مجموع آبدهی , قطعه های دشت زردابه و خوش بیلاق و تیل آباد می باشد, دارای $33/8$ کیلومتر مربع مساحت بوده که مرتفع ترین نقطه آن 2269 متر از سطح دریای آزاد می باشد. نقطه خروجی آن در ارتفاع 980 متری قرار گرفته و با الحاق به رودخانه های دشت زردابه و خوش بیلاق بطرف دشت ادامه مسیر می دهد. بررسی آمار نشان می دهد که آبدهی متوسط سالانه تیل آباد (دشت زردابه + خوش بیلاق + تیل آباد) برابر $0/48$ متر مکعب در ثانیه بوده که در سال $14/971$ میلیون متر مکعب می شود.

T-4-2-24-4- کاشیدار : قطعه T-4

رودخانه های این منطقه از ارتفاعات روستای تلوبین سرچشمه گرفته و پس از پیوستن آبراهه های کوچک به آن از دو طرف مسیر, از مجاورت روستای نرماب عبور نموده و در مسیر اصلی خود با پیوستن آبراهه های شمال شرق به پل غزنوی در مسیر جاده آزاد شهر- شاهرود رسیده و به رودخانه اصلی می پیوندد. برآورد های بعمل آمده نشان می دهد که حوضه آبریز رودخانه کاشیدار با دبی متوسط $0/34$ متر مکعب در ثانیه دارای $10/895$ میلیون متر مکعب آب در سال بوده که از نقطه خروجی به مسیر اصلی ملحق می گردد. مساحت محدوده زیر حوضه کاشیدار برابر $164/85$ کیلومتر مربع می باشد.

T-5-2-24-5- فارسینان : قطعه T-5

این حوضه دارای $80/88$ کیلومتر مربع مساحت بوده که رودخانه اصلی آن از شمال روستای فارسینان سرچشمه گرفته و پس از الحاق آبراهه های مختلف به آن در طول مسیر بموازات جاده آسفالته آزادشهر - شاهرود جریان داشته و با افزوده شدن شاخه دیگری از مهدی آباد قانچی از نقطه خروجی به طرف نوده ادامه مسیر می دهد. متوسط آبدهی سالانه این رودخانه $0/26$ متر مکعب در سال برآورد گردیده است. در فصول زراعی حتی الامکان از کلیه آبهای جاری در رودخانه , برای کاشت و داشت انواع محصولات کشاورزی جهت آبیاری اراضی بهره برداری می گردد.

T-6-2-24-6- قشلاق : قطعه T-6

شاخه اصلی رودخانه جنوب غربی روستای رودبار سرچشمه گرفته و با الحاق شاخه قشلاق , مسیر اصلی رودخانه را تشکیل داده و پس از عبور از مجاورت روستای معصوم آباد به رودخانه اصلی می پیوندد. مساحت این محدوده ۹۶/۵۶ کیلومتر مربع برآورد گردیده که آبدهی متوسط آن ۰/۳۷ متر مکعب در ثانیه یا معادل ۱۱/۷۹۳ میلیون متر مکعب در سال می باشد.

T-7-2-24-7- نرگس چال : قطعه T-7

مهمترین رودخانه این حوضه از ارتفاعات نرگس چال سرچشمه گرفته و شامل آبراهه های متعددی است که از دو طرف مسیر رودخانه اصلی جریان دارند. حجم آب سالانه این زیر حوضه ۷/۸۲۴ میلیون متر مکعب بوده و آبدهی متوسط سالانه آن ۰/۲۵ متر مکعب در ثانیه برآورد گردیده است. این رودخانه بمتابه دیگر رودخانه های همجوار و تأثیر پذیری از شرایط آب و هوایی با دارا بودن ۶۲/۲۶ کیلومتر مربع وسعت دارای تغییرات آبدهی چندانی در ماههای مهر لغایت بهمن نمی باشد. کشاورزی در این منطقه رونق زیادی داشته و کشاورزان از آب آبراهه های مختلف این حوضه استفاده می کنند.

T-8-2-24-8- وطن : قطعه T-8

آبراهه های تشکیل دهنده این حوضه از ارتفاعات جنوبی روستای وطن سرچشمه گرفته و پس از الحاق بیکدیگر از شمال وطن عبور نموده و به مسیر اصلی ملحق می گردد. حوضه آبریز این رودخانه دارای ۴۵/۰۳ کیلومتر مربع مساحت است که آبدهی متوسط سالانه آن ۰/۲۴ متر مکعب در ثانیه یا معادل ۷/۴۸۵ میلیون متر مکعب در سال می باشد. ساکنین روستای وطن و کشاورزان دو طرف مسیر رودخانه در فصول زراعی برابر عرف محل از آب رودخانه جهت آبیاری اراضی زیر کشت خود استفاده می نمایند. که جریان حاصل در ادامه مسیر رودخانه ناشی از زه آب آبیاری اراضی بالادست می باشد که به مصرف آبیاری اراضی پایین دست می رسد.

T-9-2-24-9- نوده : قطعه T-9

در این حوضه ایستگاه نوده قرار دارد که دربرگیرنده حجم جریان تمامی زیر حوضه های دشت زردابه تا نوده می باشد که از مقطع کنترل گذشته و پس از عبور از شرق آزادشهر و الحاق با رودخانه های چهل چای - لزوره و نرماب پس پشته، رودخانه قره سو - ارازکوسه را تشکیل داده که در فاصله ۵ کیلومتری غرب شهرستان گنبد کاوس قرار دارد. به مسیر اصلی گرگانرود می پیوندد. مساحت زیر حوضه آبریز نوده برابر ۱۰۰/۱۳ کیلومتر مربع می باشد.

T-5-2-25- رودخانه گرمابدشت

این رودخانه مهمترین شاخه قرهسو می باشد که از چند شاخه کوچک تشکیل یافته است. شاخه اصلی آن از دامنه های کوه بلند یزدکی سرچشمه می گیرد. این رودخانه شاخه های کوچکی از قبیل آب چل چلی و آب قزاق را دریافت می کند و سپس وارد دشت شرقی گرگان می گردد و سپس در شمال شرقی این شهر با زه آبهای دیگر تلاقی و رودخانه قرهسو را تشکیل می دهد.

طول این رودخانه ۵۵ کیلومتر بوده و حوضه آبخیز آن بطور کامل کوهستانی و پوشیده از جنگل است. آب این رودخانه دائمی است و نام دیگر این رودخانه باغشاه بوده است.

T-5-2-26- رودخانه لاجیم

این رودخانه شاخه ای از سفیدرود بوده و از دامنه های جنوبی کوه آچونکوه در جنوب ساری سرچشمه می گیرد. طول این رودخانه ۳۰ کیلومتر و دارای آب دائمی است. حوضه آبخیز این رودخانه کوهستانی و پوشیده از جنگل می باشد.

T-5-2-27- رودخانه لار

این رودخانه سرشاخه اصلی و پرآب هراز می باشد و در جنوب غربی لاریجان آمل واقع می باشد. شاخه اصلی این رودخانه از دامنه های کوه مرتفع پالون گردن و خرسنگ واقع در شمال شرقی تهران سرچشمه می گیرد. شاخه هایی از قبیل سیاه پلاس، ولی چای و آب چهل بره به آن ملحق گردیده و در منطقه پلور وارد دره هراز می گردد.

طول رودخانه لار ۷۰ کیلومتر بوده و دارای آب دائمی است. حوضه آبخیز این رودخانه مرتفع و کوهستانی می‌باشد و به تنهایی حدود ۴۰ درصد آب رودخانه هراز را تأمین می‌نماید.

۵-۲-۲۸- رودخانه لایج

نام دیگر این رودخانه کیاکلا یا رستم‌رود می‌باشد که در شهرستان نور مازندران واقع شده است. این رودخانه از دامنه‌های شمالی کوه گرگ واقع در جنوب شهرستان نور سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه روستاهای کیاکلا، رئیس کلا را مشروب کرده و وارد روستای آغوزکتی می‌گردد و پس از عبور از این محل دو شاخه می‌گردد که شاخه شرقی آن بنام بیخ‌رود وارد دریای خزر می‌گردد. شاخه‌های غربی رودخانه کیاکلا بنام رستم‌رود می‌باشد که بموازات تقریبی شاخه شرقی آن است و این شاخه هم از روستای رستم‌رود گذشته و وارد دریای خزر می‌گردد. حوضه آبخیز رودخانه مزبور کوهستانی و مرتفع بوده و پوشیده از جنگل است و دارای آب دائمی می‌باشد.

۵-۲-۲۹- رودخانه نور(ناتل رود)

این رودخانه در شهرستان نور مازندران جریان دارد و از تلاقی دو شاخه عمده بنامهای رودخانه شیرین و حاجی‌ماه رود که هر دو از دامنه‌های شمالی کوه سوردار در جنوب غربی نور سرچشمه می‌گیرند و در جهت شمال نیز جریان می‌یابند و سپس در دهکده کندیاب بهم متصل می‌گردند و رودخانه نور را تشکیل داده و از شمال شهر نور وارد دریای خزر می‌گردد. طول این رودخانه ۲۴ کیلومتر بوده و دارای آب دائمی است و نام دیگر آن ناتل‌رود می‌باشد.

۵-۲-۳۰- رودخانه نکا

این رودخانه در مسیر نسبتاً طولانی جریان داشته که دره اصلی آن نیز برخلاف اکثر رودخانه‌های منطقه شرقی- غربی بوده که حدود ۸۰ درصد آنرا مناطق جنگلی و بقیه را مرتع پوشانده است. طول رودخانه تا ورود به دشت حدود ۱۶۰ کیلومتر بوده که در این مسیر نزدیک به ۱۵ شاخه فرعی به آن اضافه می‌گردد. از مهمترین این شاخه‌ها کیاسر و گلشا را می‌توان نام برد. رژیم این رودخانه در سراب برفی- بارانی و در میانه و پایاب بارانی- برفی تا برفی است و رودخانه دارای آب دائمی است. حوضه آبخیز رودخانه بطور کلی در

مناطق مرتفع کوهستانی قرار داشته و قسمت‌های شمالی آن پوشیده از درختان جنگلی است.

۵-۲-۳۱- رودخانه نمارستاق

این رودخانه از شاخه‌های رودخانه سیاه‌رود بوده و از دامنه کوه کل فراخ واقع در جنوب غربی آمل سرچشمه می‌گیرد. طول این رودخانه ۱۲ کیلومتر بوده و حوضه آبخیز آن کوهستانی و مرتفع می‌باشد و نیز دارای آب دائمی است.

۵-۲-۳۲- رودخانه نور

یکی از شاخه‌های مهم و پرآب رودخانه هراز می‌باشد. شاخه اصلی رودخانه نور از دامنه شرقی کوه دهلا واقع در جنوب غربی چالوس سرچشمه می‌گیرد و رودخانه‌هایی از قبیل کلاک، انگرود و یالرود به آن ملحق می‌شوند.

طول این رودخانه ۸۰ کیلومتر بوده و حوضه آبخیز آن در مناطق کوهستانی و مرتفع قرار داشته و قسمت کمی از آن دارای درختان پراکنده جنگلی است. جریان رودخانه دائمی بوده و دارای رژیم برفی-بارانی است.

۵-۲-۳۳- رودخانه هراز

شاخه‌های اولیه این رودخانه بنام پلور از گردنه امامزاده هاشم و لار از کوه پالون‌گردن واقع در شمال تهران سرچشمه می‌گیرند. این شاخه‌ها در شمال پلور بهم رسیده و رودخانه هراز را بوجود می‌آورند. رودخانه‌هایی از قبیل لاسم، دینان، آب رزان، سیاه‌رود و شیرکلا به آن متصل می‌گردند. سپس رودخانه هراز در محلی بنام هردورود با شاخه مهم و پرآب خود بنام رودخانه نور تلاقی می‌کند و نیز رودخانه چلورود هم به آن ملحق گردیده و وارد شهر آمل می‌گردد. سرانجام رودخانه در سرخرود واقع در شمال شرقی آمل و با یک دلتای وسیع وارد دریا می‌گردد.

طول رودخانه هراز ۱۸۵ کیلومتر بوده و حوضه آبخیز آن مرتفع و کوهستانی بوده و قسمت اعظم آن در مناطق کوهستانی واقع شده است. رژیم رودخانه برفی و آب رودخانه دائمی است [۳،۵،۶،۸،۱۰].

۵-۳- پوشش گیاهی

سراسر دشت ساحلی دریای مازندران و بخش عمده ارتفاعات این منطقه از رستنی‌ها پوشیده شده که علت آن بارندگی و رطوبت زیاد و درجه حرارت مناسب می‌باشد. این پوشش در دشت شامل مزارع (عمدتاً برنج)، باغها و مراتع و جنگل و در ارتفاعات نیز شامل مزارع (غلات و سیب زمینی)، باغها، مراتع و جنگلهای متراکم و نیمه متراکم می‌باشد.

در دره‌ها و همچنین ارتفاعات بالاتر از ۲۰۰۰ متر به علت کاهش بارندگی و رطوبت و سردی هوا، پوشش گیاهی از جنگل به مرتع و گاهی به مرتع با پوشش گیاهی ضعیف تغییر می‌یابد.

انعکاس این وضعیت در میزان آبدهی رودخانه‌ها و رژیم سالانه آن و مخصوصاً در میزان رسوبات رودخانه مشاهده می‌گردد. به عنوان مثال رودخانه نور که حوضه آبخیز آن از نظر پوشش گیاهی و بارندگی فقیر است، رودخانه‌ای بسیار پررسوب در منطقه می‌باشد [۸].

بطور کلی از دیدگاه پوشش گیاهی و تنوع رستنی‌ها حوضه مورد مطالعه به سه بخش زیر قابل تفکیک می‌باشد:

۵-۳-۱- مناطق جنگلی

وسعت اراضی جنگلی بطور تقریب حدود $\frac{1}{3}$ میلیون هکتار بوده که معادل $\frac{5.7}{100}$ درصد از وسعت کل حوضه را شامل می‌گردد. جنگلهای انبوه و نیمه انبوه عمدتاً در نواحی شمال و مرکز حوضه‌ها و جنگلهای تنک در بخشهای جنوبی حوضه گسترش دارد.

۵-۳-۲- نواحی مرتعی

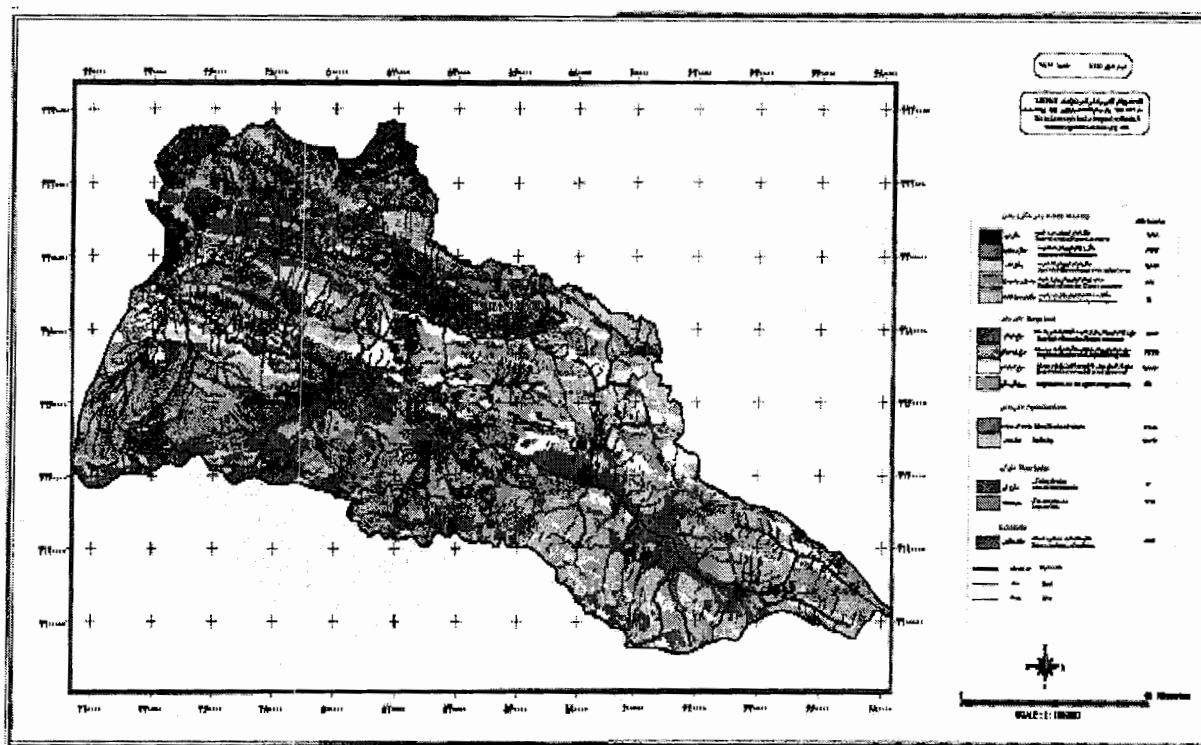
اراضی مرتعی در سطح حوضه دارای وسعتی حدود ۶۷۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد که ۲۶ درصد از وسعت کل حوضه را شامل می‌گردد.

۵-۳-۳- باغات و اراضی کشاورزی

اراضی کشاورزی بطور عمده در دشت ساحلی دریای مازندران گسترش دارد. در غرب مازندران این اراضی از پای ارتفاعات تا ساحل دریا کشیده شده ولی در نواحی شرقی این اراضی از طرف شمال به مراتع

قشلاقی محدود می گردند. باغات این منطقه عمدتاً شامل مرکبات می باشد. وسعت اراضی کشاورزی و باغات در حوضه رودخانه های مازندران بیش از ۶۰۰۰ کیلومتر مربع می باشد [۸].

جنگل های شمال ایران بیشتر شامل درختان برگ پهن بوده و از سایر جنگل های کشور متمایز می باشد. جنگل های شمال از نظر تراکم، از نوع انبوه است که بیش از ۲۵۰ درخت در هکتار دارند و انواع درختان آن عبارتند از: راش، توسکا، شمشاد، افرا، بلوط و زبان گنجشک. وسعت جنگل های شمال حدود ۳۴۰۰۰۰۰ هکتار بوده و حوضه آبخیز بسیاری از رودخانه های کوچک و بزرگ جنوب دریای مازندران را زیر پوشش قرار می دهند [۳، ۵]. شکل (۲-۵) پوشش گیاهی حوضه آبریز اترک را نشان می دهد.



شکل (۲-۵) نقشه پوشش گیاهی حوضه آبخیز اترک

۵-۴- مشخصات آب و هوایی

آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه را بطور کلی می توان در گروه های اقلیمی معتدل سرد تا معتدل گرم و در مجموع معتدل طبقه بندی نمود. میانگین درجه حرارت سالانه هوا از غرب به شرق منطقه افزایش می یابد [۸].

بطور کلی رطوبت در نوار ساحلی همیشه زیاد است و مقدار آن از غرب به شرق تنزل پیدا می‌کند [۸]. در قسمت کوهستانی هر چه به سوی ارتفاعات پیش رویم، رژیم بارندگی منطقه به رژیم بارندگی جنوب البرز گرایش پیدا می‌کند. بنابراین میزان بارش از غرب به شرق کاهش می‌یابد به استثناء مناطقی از قبیل پل ذغال و حوضه هراز که بواسطه اثر سایه‌ای از ارتفاعات غربی حلقه‌های کم باران در آن وجود دارد [۵]. حداکثر درجه حرارت مطلق و میانگین حداکثرهای مشاهده شده در منطقه (ایستگاه تیرتاش) به ترتیب ۴۶/۵ و ۳۰ درجه سانتیگراد بوده حداقل درجه حرارت مطلق و میانگین حداقل مشاهده شده (ایستگاه پلور) نیز به ترتیب ۳۳- و ۹- درجه سانتیگراد بوده است. به این ترتیب اختلاف دمای مطلق مشاهده شده در منطقه حدود ۸۰ و اختلاف سردترین ماه و گرمترین ماه حدود ۴۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. پرباران‌ترین ناحیه در منطقه مورد مطالعه، رامسر در غربی‌ترین حد آن با ریزش سالانه ۱۴۷۰ میلیمتر می‌باشد.

بادهای عمده منطقه ناشی از جبهه‌های هوایی ورودی به منطقه و نیز نسیم بین دریا و کوهستان است. در گروه اول جهت باد از غرب و شمال غرب (مدیترانه) یا شمال و شمال شرقی (قطب شمال و سیبری) و در گروه دوم از شمال به جنوب است. با این وصف باد غالب در منطقه ناشی از جبهه‌های هوایی وارده به منطقه می‌باشد [۸]. در منطقه مورد مطالعه، حوضه آبریز رودخانه‌هایی نظیر چالوس و هراز دارای رژیم کاملاً برفی و حوضه‌های دیگر مانند تجن، سرداب رود و ... دارای رژیم بارانی- برفی می‌باشند.

۵-۴-۱- توده‌های هوا (نیواری) و سیستم مؤثر بر منطقه:

شناخت بزرگ مقیاس جریانات جوی و توده‌های هوایی که منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار می‌دهند با بررسی میدانهای فشار هوا در اطراف منطقه امکان پذیر است. در اینجا یک الگوی کلی مبتنی بر تلفیق دست‌آوردهای مختلف پژوهشی ارائه می‌گردد [۵، ۲۷].

۵-۴-۲- میدان فشار و جریانات هوا:

بطور کلی محرکهای اصلی جریانهای هوا در روی حوضه‌های گرگانه‌رود و اترک سفلی مراکز فشار یا پرفشاری هستند که در روی سطوح وسیع جغرافیایی محیط بر منطقه تشکیل می‌گردند. بر این اساس هسته‌های مهم فشار مؤثر بر جریانات منطقه را می‌توان بصورت زیر طبقه بندی کرد:

۵-۴-۱- پرفشار سیبری در شمال شرق (زمستان)

پرفشار سیبری که در اثر تشعشع حرارتی سطح خاک در فصول سرد سال در شرق و شمال منطقه مطالعاتی تشکیل می‌گردد یکی از مراکز مهم رانش هوای سرد بری قطبی از سمت شمال و شمال شرق به سوی منطقه است.

تکوین آغازین این هسته از اوائل مهر ماه است و در طول فصل سرما تقویت می‌گردد بطوریکه در دی در مرکز آن فشار هوا از ۱۰۳۰ میلی بار تجاوز می‌کند و ایزوبار ۱۰۲۲/۵ میلی بار آن از منطقه می‌گذرد. این پرفشار بتدریج با گرم شدن هوا ضعیف می‌گردد بقسمی که در اواخر آوریل عملاً محو می‌شود. پرفشار سیبری یکی از مؤثرترین عوامل اقلیمی منطقه ساحلی و تغذیه هوا از بخار آب و تراکم آن در منطقه، با افزایشی از شرق به غرب است همچنین ملاحظه می‌شود که شاخه‌ای از جریان از غرب به شرق در امتداد ساحل ادامه می‌یابد و بخشی از آن از دره سفیدرود به فلات ایران راه می‌یابد و بخشی دیگر تا منتهی الیه حوضه اترک به پیش می‌رود. اثر اقلیمی پرفشار سیبری در پنج ماه از سال در منطقه به تواتر مشهود است.

۵-۴-۲- پرفشار آزورس (زمستان)

پرفشار آزورس در فصل زمستان در روی اقیانوس اطلس و غرب مدیترانه تشکیل می‌گردد و بخشی از آن در نقشه‌های مربوط به ماههای آذر تا فروردین دیده می‌شود. یکی از شاخه‌های جریان ناشی از این پرفشار از قطاع غربی، هوای مرطوب مدیترانه‌ای را به سمت کشور و منطقه مطالعاتی میراند و این جریان عموماً با اغتشاشات سینوپتیکی مهمی همراه است. بین دو پرفشار پیش گفته، در منطقه گسترده مدیترانه و بالکان کم فشارهای کوچکی در ماههای آبان تا اردیبهشت دیده می‌شود. این هسته‌ها، نمود اقلیمی مراکز کم فشار باران زائی است که تحت عنوان کم فشارهای مدیترانه‌ای در آن سامان تشکیل می‌گردد و به سمت ایران حرکت می‌نماید و در ایجاد بارش‌های زمستانه ایران نقش اساسی دارد.

۵-۴-۳- پرفشار اطلس شمالی

این پرفشار در حقیقت وضع تابستانی پرفشار آزورس است و جریانات ناشی از آن در آغاز متوجه اروپای شمالی و شمال غربی شده و بارش‌های تابستانه آن سامان را موجب می‌شود و سپس به جنوب شرق متوجه

شده و در حین عبور از سرزمینهای گرم دریای سیاه و متناوباً ویژگیهای هوای بری و بحری را کسب می‌نماید.

۵-۴-۲- کم فشار آسیایی (تابستان):

تشکیل یک هسته کم فشار در روی پاکستان و ایران از ماههای آوریل به بعد محسوس است. این کم فشار در حقیقت مرکز مکش جریاناتی است که توسط هسته قبلی از شمال غرب به سمت کشور رانده می‌شود و کلاً جریانهای شمال غرب تابستانه نامگذاری می‌گردند.

ناحیه مورد مطالعه از دسترسی جریانهای مرطوب اقیانوس هند که از جنوب شرقی در تابستان وارد کشور می‌شوند تقریباً بدور می‌باشد.

۵-۴-۳- توده‌های هوا:

توده‌های هوایی که به مناطق جنوب دریای خزر و نواحی مجاور آن می‌رسند را می‌توان بر حسب مبداء جغرافیایی تشکیل آنها طبقه بندی کرد. ناحیه جنوب دریای خزر عملاً تمامی توده‌های هوا را بصورت محلی در سطح محدود تقریباً بحری (دریایی) می‌نماید که این روند تا حوضه آبریز گرگانرود نیز ادامه دارد.

۵-۴-۳-۱- در تابستان

در تابستان منطقه مطالعاتی تحت تأثیر توده‌های زیر است:

- بری تروپیکال از جنوب شرق و جنوب.
- بری تروپیکال از مبداء صحرا و عربستان.
- بحری تروپیکال از مبداء اقیانوس اطلس و مدیترانه از بخش غربی.
- بحری قطبی از شمال غرب از طریق دریای سیاه.
- بری قطبی از شمال و شمال غرب و شمال شرق.

۵-۴-۳-۲- در زمستان

ماسیف‌های هوایی که در زمستان به منطقه می‌رسند عبارتند از:

- بری قطبی از مبدأ سیبری از قطاع شمال شرقی.
- بحری قطبی از قطاع شمال غربی.
- مدیترانه‌ای از غرب.

- بری تروپیکال از جنوب غرب از مبدأ صحرای شرقی آفریقا.

افزون بر این نفوذ گاه بگاه هوای شمالی به منطقه از پدیده‌های قابل رؤیت منطقه است بقسمی که حداقل مطلق دمای روزانه هوا تا ۱۰- درجه در رامسر و ۲۹- درجه در بجنورد تجربه شده است [۵،۲۷].

۵-۵- پارامترهای جوی:

سنتز مطالعات اقلیم و هواشناسی سعی شده است بر مبنای مطالعات طرحهای جامع توسعه کشاورزی حوضه‌های آبریز مربوطه و استفاده از منابع اطلاعاتی دیگر باشد. جهت رفع کمبودهای طرحهای فوق در این زمینه مطالعاتی پارامتر بارندگی مورد بررسی قرار گرفته است [۵،۲۷].

۵-۵-۱- بارندگی (ریزشهای جوی):

بارندگیهای حوضه گرگانرود و اترک معلول دو فرآیند جداگانه و در عین حال متداخل می‌باشند.

الف- آن عده از سیستمهای باران زایی که از قطاع غربی به کشور وارد می‌شوند و بارندگیهای فلات ایران را باعث می‌گردند کم و بیش در حوضه گرگانرود و همچنین حوضه اترک به نسبت خیلی زیاد مؤثرند. رطوبت هوای این سیستمها در اصل از اقیانوس اطلس، مدیترانه و یا دریای سیاه کسب می‌گردد و حیطة عمل آنها بخش وسیعی از کشور را می‌پوشاند. فعالیت این سیستمها معمولاً در فاصله ماههای مهر تا اردیبهشت گزارش شده است.

بررسیهای سینوپتیکی ایران در یک گروه پنج ساله متوالی نشان داده است که سالانه در حدود ۴۰ هسته باران زای فعال از قطاع غربی وارد کشور می‌گردد. توزیع فراوانی این مراکز کم فشار بر حسب مبدأ حرکت یا نوع آنها مطابق جدول (۵-۲) می‌باشد.

جدول (۵-۲) میانگین تعداد کم فشارهای باران زایی که از مناطق مختلف به شمال کشور می‌رسند [۲۷]

مبدأ یا نوع	ترکیه	سوریه	صحرا	دریای سیاه	جو بالا	جمع
تعداد	۱۱/۵	۱۶/۵	۹/۰	۱/۰	۲/۰	۴۰

از تعداد ۴۰ هسته باران‌زای فعال (مراکز کم فشار) که بر روی منطقه مورد مطالعه وارد می‌شوند، تعداد کم فشارهایی که مستقیماً بر روی آبهای خزر مستقر می‌شوند ۱۲ عدد می‌باشند که از طریق دریای سیاه (یک مورد)، آذربایجان (۹ مورد) مرکز ایران (۲ مورد)، یعنی از جهات شمال غرب، غرب، جنوب غرب و جنوب به محدوده مطالعاتی نفوذ می‌نماید. بدیهی است این سیستمها درضمن استقرار روی دریای خزر، تحت شرایط هواشناسی معین، از بخار آب نیز تغذیه و تقویت می‌شوند.

رژیم سالانه ناشی از این بارشها مانند رژیم بارندگی مناطق شمال غرب و غرب کشور می‌باشد.

ب- پدیده آدوکسیون هوای قطبی بر بستر دریای خزر و صعود اوروگرافیک آن بر دامنه‌های شمال البرز خود باعث بخش عظیمی از بارندگیهای حوضه‌های واقع در جنوب دریای خزر می‌باشند. بدیهی است بارشهای خزری صرفاً اوروگرافیک نیستند چه ماکزیمم بارشهای خزری در قسمت‌های غربی از آستارا تا بندر انزلی است ولی حداکثر ارتفاعات در بخش میانی نوار ساحلی یعنی حوضه‌های مورد مطالعه این طرح می‌باشند. پذیرش آدوکسیون با توجه به مسیر لغزش توده‌های هوا بر بستر دریای خزر به نحو قانع کننده‌ای توزیع جغرافیایی این بارندگیها را توجیه می‌نماید. خلاصه‌ای از یافته‌های پژوهشی در این قسمت به صورت زیر است.

وقتی یک توده هوای سرد و خشک از سمت شمال یا شمال شرق بستر دریای خزر را می‌پیماید چند پدیده اتفاق می‌افتد:

۱- در ضمن آدوکسیون هوای سرد بر روی آب نسبتاً گرم، ابتدا لایه‌های پایین گرم می‌شود و قدرت نمگیری آن زیاد می‌گردد و این لایه به سرعت از بخار آب غنی می‌شود.

۲- در اثر گرم شدن، ناپایداری هوا افزایش یافته و عمل انتشار بخار آب و انتقال آن به لایه‌های بالاتر تسهیل می‌گردد.

شدت پدیده به اختلاف درجه حرارت هوا و آب بستگی دارد و بیشینه تبخیر از سطح آب همزمان با اختلاف حداکثر بین دمای آب و دمای هوا می‌باشد.

۳- هر چه طول مسیری که هوا بر بستر آنها می‌پیماید بیشتر باشد لایه‌ای که از بخار آب تغذیه می‌گردد ضخیم‌تر خواهد بود، ارتفاع این لایه در موارد مشابه در دریای سیاه تا ۳ کیلومتر می‌رسد و با توجه به ابعاد دریای خزر نسبت به جریانات جوی انتظار می‌رود که تا ۲ کیلومتر در دریای اخیر نیز گسترش یابد. چنین است که در ماه اکتبر که تشکیل پرفشار سیبری با کاهش دمای هوا در آن منطقه آغاز می‌گردد، جریانات هوای سرد گسترده دریای خزر را از سمت شمال شرق به جنوب غرب و در امتداد طولانی‌ترین مسیر ممکن می‌پیماید. در آن زمان کاهش دمای هوا در سیبری مرکزی سریع است در صورتیکه آب دریای خزر از آغاز شهریور ماه بطور بسیار کندتری سرد می‌گردد. حداکثر اختلاف دمای هوا و آب در فصل پاییز مشاهده می‌گردد و در این فصل است که فرآیند تغذیه هوا از بخار آب مناسبترین شرایط را داراست و دیده می‌شود که حداکثر بارش در نواحی غربی ساحل خزر در مهر ماه است. در سایر ماهها نیز مکانیزم بخارگیری هوا از آب به شدت و ضعف فرآیندها و شرایط محیطی بستگی دارد.

متقابلاً بتدریج که از غرب به شرق، در خط ساحلی نزدیکتر بشویم از طول پیمایش مسیر هوا روی آب کاسته می‌شود به قسمی که بارش‌های سالانه در دشت گرگان به ۵۰۰ میلی‌متر تنزل می‌نماید و ماه رخداد بارش حداکثر نیز نظر به اهمیت بارشهای نوع اول جابجا می‌شود.

در دشت گرگان و حوضه اترک جریانه‌های غربی که به موازات کوه‌های البرز هدایت می‌شوند رطوبت حاصل از دریای خزر را به منتهی الیه حوضه، ضمن فرسایش رطوبتی شدید منتقل می‌کنند. در این حوضه‌ها بتدریج اهمیت بارندگی‌هایی که با بارش فلات ایران هم مبدأ هستند آشکارتر می‌گردد و بالاخره همانند آن می‌گردد و اثر دریای خزر بتدریج محو می‌شود.

۵-۲-۵- بارندگی سالانه و ماهانه

بارندگی بعنوان مهمترین پارامتر اقلیمی نتیجه حرکت عمومی اتمسفر و چرخش کلی توده‌های هوا می‌باشد. بیشترین بارندگی متوسط سالانه مربوط به ایستگاههای پس پشته، رامیان، زرین گل، نهارخوران و قلی‌تپه با بیش از ۸۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد و کمترین بارندگی متوسط سالانه مربوط به ایستگاههای ترشکلی، قازان غایه و اینچه برون با کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد.

ملاحظه می‌شود که تغییرات بارندگی سالانه در نقاط مختلف استان گلستان حدود ۷۰۰ میلی‌متر می‌باشد. بیشترین بارندگی‌های استان در حوضه آبریز گرگانرود به وقوع می‌پیوندد و بتدریج که وارد حوضه

آبریز اترک در شمال استان گلستان می‌شویم به شدت از میزان بارندگی کاسته می‌شود. ضریب تغییرات متوسط بارندگی سالانه ایستگاههای استان از ۱۶ تا ۴۱ در صد متغیر می‌باشد. بیشترین بارش متوسط ماهانه در ماههای بهمن، اسفند و فروردین اتفاق افتاده‌اند. بارندگی در این ماهها از ۱۰ تا ۱۴ درصد بارش سالانه متغیر است [۵،۲۷]. شکل (۲-۵) وضعیت آب و هوایی ایران و منطقه و شکل (۳-۵) خطوط هم میزان بارش ایران را نشان می‌دهد.

۵-۶- ریخت شناسی^۲ و زمین شناسی

مشخصه اصلی پستی و بلندی در این حوضه آبخیز، ارتفاعات البرز در جنوب منطقه و دریای مازندران در شمال آن می‌باشد. حداکثر ارتفاع ۵۶۷۰ متر مربوطه به قله دماوند در حوضه آبخیز رودخانه هراز بوده و در نواحی غرب آن یک سری قله دیگر با ارتفاع ۴۰۰۰ تا ۴۸۰۰ متر قرار داشته که مهمترین آنها قله علم کوه با ارتفاع ۴۸۰۰ متر در حوضه آبخیز سرداب رود می‌باشد [۸].

از نظر زمین شناسی، حوضه آبخیز رودخانه‌های مازندران در بخشهایی از دو زون زمین ساختی البرز و گرگان- رشت واقع شده است. فازهای کوه زایی متعددی در این منطقه عمل کرده است. قدیمی‌ترین فاز کاتانگائی^۳ بوده که در اینفراکامبرین^۴ عمل کرده و جدیدترین آن فاز آلپی^۵ بوده که موجب برپایی رشته کوه البرز شده است. تحت تأثیر نیروهای فشاری فازهای کوه‌زایی، چین خوردگیها و شکستگی‌های فراوان با روند عمومی شرقی- غربی ایجاد شده و در مراحل کششی فازهای کوه‌زایی فعالیت‌های آذرین (درونی و بیرونی) در ابعاد وسیعی عمل کرده که آثار آن در مناطق مختلف حوضه آبخیز دیده می‌شود.

قدیمی‌ترین واحدهای سنگی، مربوط سنگهای دگرگونی پركامبرین می‌باشد که پی‌سنگ زمین‌های این منطقه را تشکیل می‌دهد [۸]. شکل (۵-۵) وضعیت کاربری اراضی کشور را نشان می‌دهد.

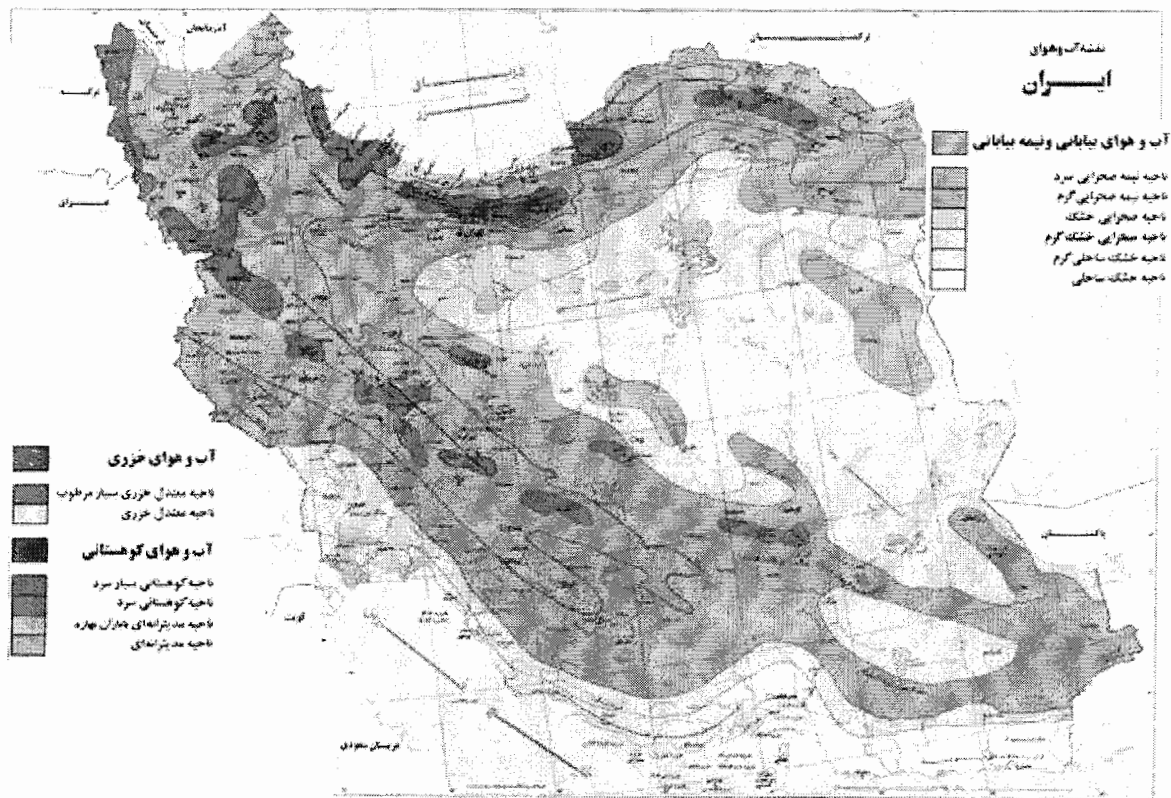
برخی از اطلاعات ضروری حوضه آبریز فوق در صفحات بعدی آمده است.

²- Morphology

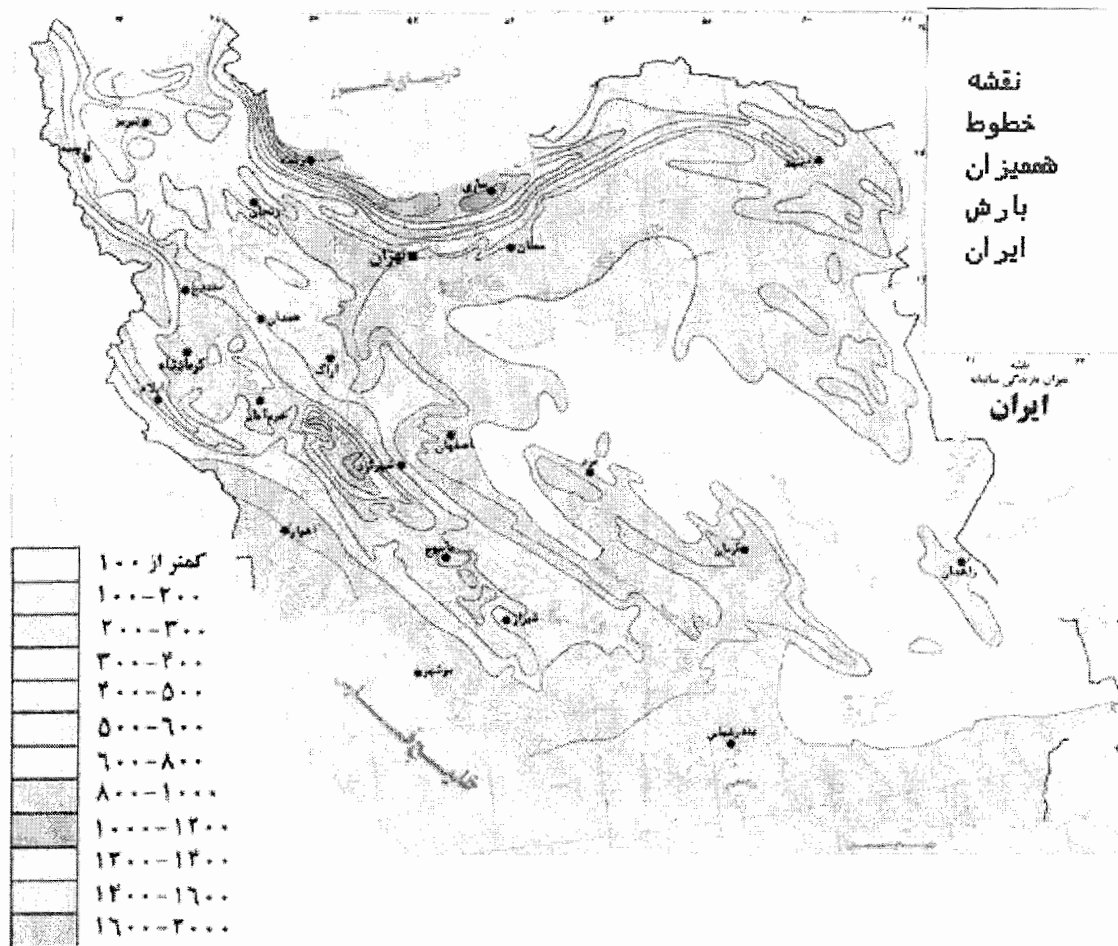
³- Katangan

⁴- Infra-Cambrian

⁵- Alpine

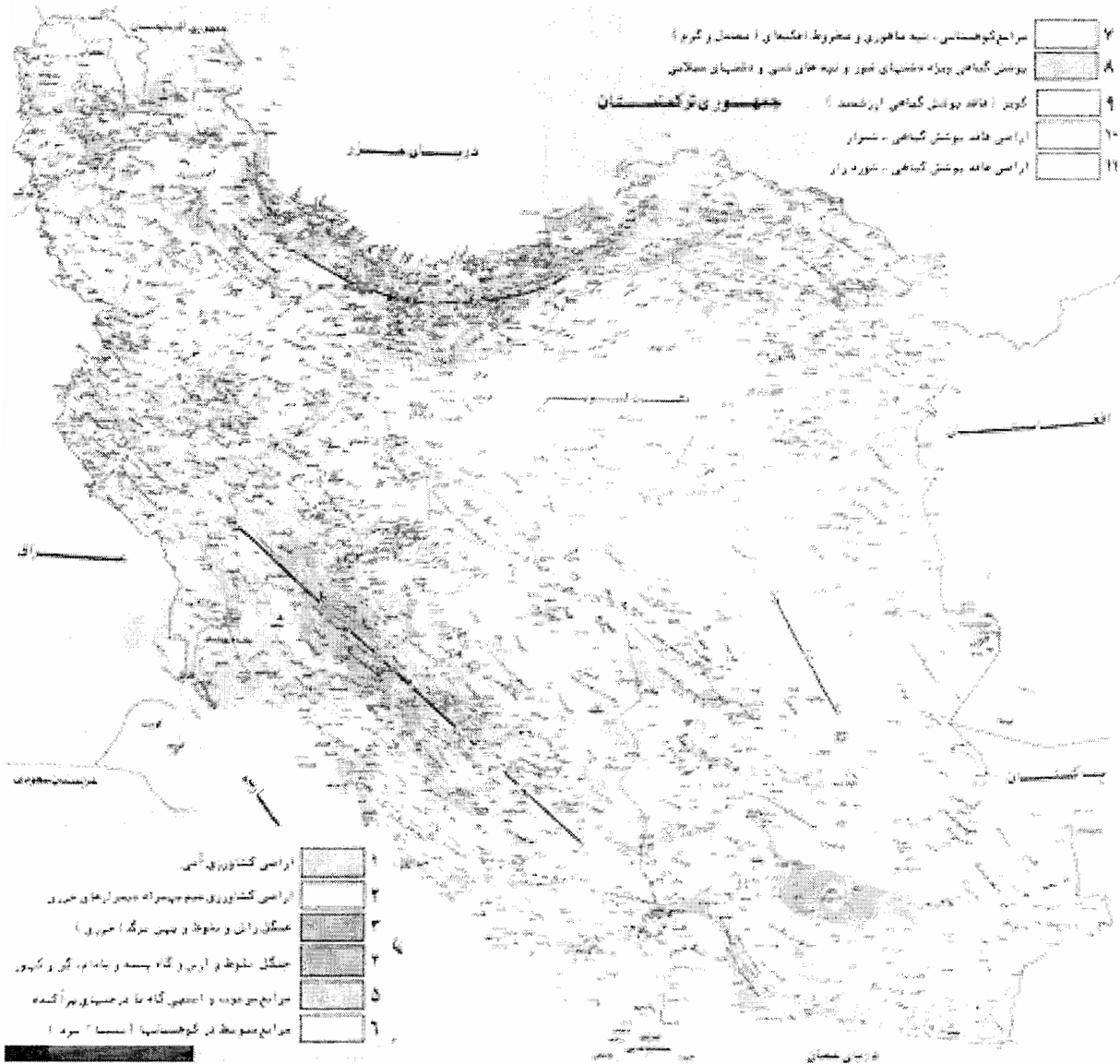


شکل (۵-۳) وضعیت آب و هوایی ایران و منطقه مورد نظر [۱۴]



شکل (۵-۴) خطوط هم میزان بارش کشور و منطقه مورد نظر [۱۴]

فصل پنجم-مشخصات حوضه آبریز مورد مطالعه



شکل (۵-۵) وضعیت کاربری اراضی ایران و منطقه مورد نظر [۱۴]

جدول (۳-۵) مشخصات حوضه های آبخیز در منطقه مورد مطالعه [۶].

نمارستاق	لاویج	کنس رود	خیر رود	کورکورسر	سرداب رود	اسپه رود	پلنگ آبرود	سرداب رود	رودخانه
پنجاب	تنگه لاویج	عالم کلا	خیر رود کنار	کورکورسر	سرداب رود	کلارآباد	کلارآباد	والت	ایستگاه
۵۲' ۱۵"	۵۲' ۰۳"	۵۱' ۵۴"	۵۱' ۳۵"	۵۱' ۲۸"	۵۱' ۲۴"	۵۱' ۱۵"	۵۱' ۱۴"	۵۱' ۱۳"	طول جغرافیایی
۳۶' ۰۶"	۳۶' ۲۴"	۳۶' ۳۴"	۳۶' ۳۸"	۳۶' ۴۰"	۳۶' ۴۰"	۳۶' ۴۲"	۳۶' ۴۲"	۳۶' ۳۲"	عرض جغرافیایی
۱۷	۳۵	۱۱	۱۲	۲۱	۲۳	۱۴	۱۹	۱۷	تعداد سال آماری
۲۵۳	۱۰۸,۳	۲۹۰	۲۱۸,۱	۷۳	۴۴۳	۹	۱۹	۳۱۰	مساح حوضه (کیلومتر مربع)
۴۳۷۰	۲۰۰۰۰	۲۹۰۰۰	۱۸۸۰۰	۲۳۰۰	۷۶۰۰۰	۲۲۰۰	۲۶۰۰	۳۷۵۰۰	طول آبراهه اصلی (متر)
۵,۹	۳,۱۳	۵,۸۸	۴,۷۵	۰,۸۸	۵,۵۳	۱,۸۵	۲,۴۵	۲,۰۸	زمان تمرکز (ساعت)

فصل پنجم-مشخصات حوضه آبریز مورد مطالعه

ادامه جدول (۵-۳) مشخصات حوضه های آبخیز در منطقه مورد مطالعه [۶].

رودخانه	بابل رود	شیرگاه	لاجیم	دارابکلا	نکا	گز	گرمادشت	سرمه رود	چهل چای
ایستگاه	قران طالار	کسیلیان	واستان	دارابکلا	پابین زرتدین	وطن	سنگ ورزش	زرین گل	لزوره
طول جغرافیایی	۴۷° ۵۲'	۵۳° ۵۲'	۵۳° ۱۰'	۵۳° ۱۴'	۲۰° ۵۳'	۵۷° ۵۳'	۳۴° ۵۴'	۵۷° ۵۴'	۲۳° ۵۵'
عرض جغرافیایی	۱۷° ۳۶'	۱۸° ۳۶'	۲۰° ۳۶'	۳۳° ۳۶'	۳۷° ۳۶'	۴۲° ۳۶'	۴۴° ۳۶'	۵۳° ۳۶'	۱۳° ۳۷'
تعداد سال آماری	۴۱	۳۸	۱۱	۱۷	۱۲	۲۱	۱۳	۱۳	۲۶
مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	۳۹۳	۳۴۳	۱۳۷,۸	۵۵	۲۵۹	۱۸	۲۱۱	۱۹۱	۲۸۱
طول آبراهه اصلی (متر)	۳۳۷۵۰	۴۸۱۲۵	۲۰۰۰	۱۳۵۰۰	۲۲۵۰۰	۷۲۰۰	۲۱۰۰	۲۲۵۰	۵۳۰۰۰
زمان تمرکز (ساعت)	۳,۴۱	۲	۲,۶۳	۱,۴۶	۲,۴۵	۰,۵۶	۱,۰۸	۱,۶۳	2.46

جدول (۵-۴) خصوصیات فیزیکی زیرحوضه های واحدهای مطالعاتی حوضه اترک [۶]

Physiographic Characteristics of Atrak's Sub-Watersheds.

Sub-Bank	Watershed	River	Station	A (Km ²)	P (Km)	Ke	La (Km)	Lb (Km)	P.F	Max. H. (M)	Min. H. (M)	Dh (M)	Naavg. (M)	Lc (Km)	Sc (%)	L (%)	Tc (hr)
1	A1	Gonjogh	Naregon	496,616	101.0	1.75	37.7	13.2	0.3	3503	1910	1493	1915.80	25.0	5.97	25.2	4.27
2	A2	Atrak	Tabarak abad	559,993	142.5	1.70	62.6	6.9	0.1	2400	1470	1130	1496.00	38.5	1.45	13.5	3.35
3	A3	Atrak	Hei Hei	893,995	192.9	1.73	88.8	11.1	0.1	2800	1350	1450	1676.56	55.0	2.59	12.8	10.30
4	A4	Chereh	Chereh	62,703	52.5	1.87	23.8	2.6	0.1	2424	1200	1224	1921.73	24.0	5.10	25.6	5.02
5	A5	Chelo Shirvan	Chelo Shirvan	385,625	97.5	1.40	39.3	9.8	0.2	2518	1130	1188	1595.82	32.5	3.45	14.3	6.37
6	A6	Atrak	Sizab	5504,792	397.0	1.50	166.2	33.7	0.2	2903	300	1923	1693.70	151.5	1.20	14.1	22.80
7	B1	(Shirin Darreh)	Ghatish	1520,625	190.0	1.37	75.5	20.1	0.3	2430	360	1530	152.50	70.0	2.19	16.9	11.57
8	B2	(Shirin Darreh)	Chahok baron	1586,875	197.5	1.40	79.5	20.0	0.3	2490	770	1920	1508.97	82.0	2.10	17.5	13.40
9	B3	(Shirin Darreh)	Nessah ghah	1318,436	211.0	1.54	99.0	16.4	0.2	2430	620	1870	1444.32	59.5	1.88	16.9	16.15
10	A4	Atrak	(Charkhanbandy)	5411,354	423.5	1.57	181.2	32.1	0.2	2903	910	1993	1591.59	171.5	1.10	14.2	25.68
11	B5	Chenazon	Char kharvar	274,061	81.0	1.41	33.7	8.1	0.2	2226	1070	1156	1414.74	36.0	4.21	19.2	6.88
12	B6	Pirozeh	Pirozeh	263,433	82.5	1.43	33.7	7.8	0.2	2330	1310	1590	1366.36	25.5	1.49	22.2	4.76
13	B7	Beshghardash	Beshghardash	167,500	60.5	1.32	23.1	7.2	0.3	1835	1100	775	1267.64	15.5	1.57	10.4	1.52
14	B8	Baba aman	Baba aman	1258,126	175.0	1.39	70.2	17.9	0.1	2890	1610	1080	1695.32	52.5	2.27	16.4	8.90
15	B9	Badrani	Kikanin	357,186	72.5	1.17	23.4	13.2	0.6	2176	665	1511	1263.43	31.0	0.45	20.6	5.78
16	B10	Shirabad	Shirabad	187,811	62.5	1.36	24.0	5.8	0.1	2470	450	1620	1784.63	22.5	7.04	29.5	4.15
17	B11	Darkash	Darkash	113,751	52.5	1.39	21.0	5.4	0.3	2455	1040	1415	1816.61	22.0	6.03	15.9	4.05
18	B12	Samalghan	Barband	1037,189	152.5	1.30	57.3	19.0	0.1	2630	610	2000	1306.45	35.5	1.59	17.9	16.80
19	A8	Atrak	Aghmazar	12719,760	625.0	1.63	271.5	41.2	0.2	2903	560	2343	1481.21	239.5	0.94	15.3	32.93
20	C1	Chender	Ayreshayeh	633,749	157.5	1.45	65.9	13.4	0.2	1655	530	1125	1643.83	66.0	1.36	8.4	13.25
21	C2	Sombar	Ghareghanlo	1033,750	175.0	1.53	74.2	13.3	0.2	2233	840	1193	1215.17	70.0	1.27	10.8	13.85
22	C3	Atrak	Chozanghayeh	15673,540	351.5	1.64	327.5	50.9	0.2	2903	295	2630	1324.64	317.0	0.79	14.2	42.62
23	A01	Atrak	Chat	119301,015	887.5	1.81	398.8	48.2	0.1	2903	67	2836	963.32	439.0	0.65	11.4	56.70
24	A02	Atrak	Hotan	14838,519	850.0	1.75	379.2	49.4	0.1	2903	97	2906	1213.05	391.5	0.69	13.5	52.63
25	A03	Atrak	(Nazave Laporeh)	12184,795	767.5	1.66	336.4	51.1	0.2	2903	190	2713	1300.69	147.0	0.75	14.1	46.68
26	A04	Atrak	(Chalwosharak)	13599,519	920.0	1.83	410.5	47.7	0.1	2903	55	2948	967.59	424.0	0.65	13.2	57.80
27	A01	Atrak	Daneshmand	126637,244	1013	2.0	465.3	44.8	0.1	2903	5	2898	1112.72	499.0	0.56	12.5	67.38
28	A02	Atrak	Dashly baron	120707,289	931.0	1.94	451.7	45.8	0.1	2903	25	2878	1119.80	486.5	0.57	12.6	65.65
29	A03	Atrak	Torshakly	126662,914	945.0	1.93	450.1	45.9	0.1	2903	20	2881	1121.95	476.5	0.56	12.6	64.29
30	Atrak	Atrak	-	127483,790	1307.0	2.2	611.4	44.8	0.1	2901.0	-26.0	2923.0	957.591	1563.30	0.24	110.809	76.88

Note: A is Watershed Area. P.F is Form Factor. Lc is Length of Main Drain.
 P is Watershed Perimeter. Max. is Highest Elevation. Sc is Slope of Main Drain.
 Ke is Covelius Coefficient. Min. is Lowest Elevation. L is Slope of Watershed Area.
 La is Length of Equivalent Rectangle. Dh is (Max.-Min.) Tc is Time of Concentration.
 Lb is Width of Equivalent Rectangle. Naavg. is Average Elevation of Watershed Area.

فصل پنجم- مشخصات حوضه آبریز مورد مطالعه

جدول (۵-۵) مشخصات فیزیکی حوضه آبریز گرگانود [۸.۲۷]

ردیف	رودخانه- ایستگاه	مساحت حوضه (Km ²)	محیط حوضه (Km)	ارتفاع متوسط (m)	ضریب گراویوس	طول شاخه اصلی (Km)	شیب خالص شاخه اصلی %	شیب متوسط %
۱	زاو- زاو	۷۳۸.۰	۱۶۱.۲	۹۷۹	۱.۶۶	۹۶.۹۵	۱.۳۲	۴.۱۰
۲	گرگانود- تمر	۱۵۲۴.۹۳۶	۱۷۲.۵	۵۰۹	۱.۲۴	۵۵.۲۵	۱.۰۲	۴.۳۲
۳	دوغ- تنگراه	۱۷۹۱.۷۲	۲۴۰	۱۲۸۰	۱.۵۹	۵۳.۷۵	۱.۷۶	۳.۶۰
۴	اوغان- گالیکش	۴۰۵.۷۲۸	۱۰۰	۱۱۴۷	۱.۳۹	۴۵.۰	۲.۹۳	۶.۱۳
۵	قلی تپه- قلی تپه	۵۶.۵۲	۴۸.۲	۷۷۶	۱.۸۰	۲۰.۳۵	۴.۹۱	۶.۵۴
۶	گرگانود- گنبد	۴۸۶۸.۹۴	۳۸۷.۵	۸۵۶	۱.۵۵	۱۰۷.۲۵	۰.۳۹	۲.۶۸
۷	چهل جای- لزوره	۲۷۲	۸۱.۵	۱۲۶۴	۱.۳۸	۳۰.۷۵	۴.۳۸	۷.۸۷
۸	نرماب- پس پشته	۱۶۴.۹۳	۶۷.۲۵	۸۳۱	۱.۴۷	۲۴.۱۵	۴.۸۰	۸.۵۷
۹	تیل آباد - تیل آباد	۳۳.۸	۳۱.۷۹۴	۱۶۱۴	۱.۵۳	۱۶.۹	۶.۶۷	۱۲.۵
۱۰	خرمالو- نوده	۸۸۵.۶۲	۱۶۳.۶۵	۱۵۰۶	۱.۵۴	۳۷.۶	۴.۷۵	۶.۳۱
۱۱	قره سو- اراز کوسه	۱۵۶۵	۱۷۵	۱۲۱۰	۱.۲۴	۷۶.۸	۱.۶۰	۴.۵۸
۱۲	گرگانود- قزاقلی	۶۵۶۰	۴۵۵	۱۰۰۲	۱.۵۷	۱۲۲.۷۵	۰.۲۸	۲.۲۳
۱۳	گرگانود- سد گرگان	۷۱۵۵.۹۴	۴۹۷.۵	۹۳۷	۱.۶۵	۱۵۳.۵	۰.۲۱	۲.۲۰
۱۴	قره جای- رامیان	۲۵۰	۸۵	۱۳۱۵	۱.۵۱	۳۰.۶۵	۵.۳۹	۱۰.۱
۱۵	سیاه جوی- شیرآباد	۱۶.۸۸	۱۵.۵	۸۴۵	۱.۰۶	۵.۰۰	۲۲.۵	۳۳.۸
۱۶	زرین گل- زرین گل	۳۳۵	۷۵	۱۵۳۸	۱.۱۵	۲۲.۵	۶.۳۲	۱۲.۰
۱۷	کبودوال- کبودوال	۵۰۹	۹۰.۰	۳۷۳	۱.۱۲	۳.۲۵	۵.۷۴	۱۷.۱
۱۸	قره سو زرین گل- باغف سالیان	۱۷۱۹.۱۸۶	۱۷۴	۷۰۶	۱.۱۸	۷۷.۰	۱.۲۱	۴.۶۴
۱۹	محمد آباد- سرمو	۳۸۷.۵	۸۹	۱۹۰۶	۱.۲۷	۱۶.۷۵	۹.۹۵	۱۰.۳
۲۰	جعفرآباد- تقی آباد	۱۱۴.۵	۴۸	۱۰۶۰	۱.۲۶	۲۰.۰	۷.۷۳	۱۳.۱
۲۱	قرن آباد- امامزاده	۳۵.۹۲	۲۸	۱۵۲۲	۱.۳۱	۱۲	۱۲.۶۷	۱۳.۸
۲۲	اوتوق یلغی- قرن آباد	۸۱۰	۱۴۲.۵	۱۲۱۳	۱.۴۰	۵۶.۲	۳.۳۸	۶.۶۷
۲۳	گرگانود- آق فلا	۱۰۱۰۸.۹	۵۷۷.۵	۹۱۱	۱.۶۱	۱۹۵.۷۵	۰.۱۴	۱.۴۶
۲۴	گرگانود- بصیرآباد	۱۰۱۹۷	۶۳۷.۵	۹۰۷	۱.۷۷	۲۲۵.۷۵	۰.۱۱	۱.۲۷

جدول (۶-۵) مشخصات ایستگاههای هیدرومتری حوضه گرگانود [۸.۲۷]

ردیف	رودخانه اصلی	رودخانه	ایستگاه	مشخصات جغرافیایی			تاریخ تأسیس	مساحت حوضه Km ²	تجهیزات		
				طول	عرض	ارتفاع			اشل	لیمنیگراف	تلفریک
۱	گرگانود	زاو	زاو	۵۵-۳۱-۰۰	۳۰-۲۹-۳۷	۱۶۰	۱۳۴۸	+	-	-	
۲	گرگانود	گرگانود	تمر	۵۵-۲۹-۳۰	۳۰-۲۸-۳۷	۱۳۲	۱۳۴۴	+	+	+	
۳	گرگانود	آجی آسو	حاجی قوشان	۵۵-۲۱-۳۰	۳۰-۲۴-۳۷	۴۵	۲۳۱.۵	+	-	-	
۴	گرگانود	دوغ	تنگراه	۵-۴۴-۲۰۰	۲۰-۳۳-۳۷	۳۳۰	۱۳۴۵	+	+	+	
۵	گرگانود	اوغان	گالیکش	۵۵-۲۷-۳۰	۱۰-۱۵-۳۷	۲۵۰	۱۳۴۵	+	+	+	
۶	گرگانود	قلی تپه	قلی تپه	۵۵-۲۵-۲۰	۰۰-۱۴-۳۷	۲۵۰	۱۳۴۵	+	-	-	
۷	گرگانود	گرگانود	گنبد	۵۵-۰۸-۳۰	۲۰-۱۴-۳۷	۳۶	۵۳۱۰	+	+	+	
۸	گرگانود	چهل جای	لزوره	۵۵-۲۳-۳۰	۲۰-۱۳-۳۷	۱۹۰	۱۳۴۴	+	-	-	
۹	گرگانود	نرماب	پس پشته	۵۵-۲۱-۲۰	۱۰-۳۷-۰	۱۸۰	۱۳۴۵	+	-	-	
۱۰	گرگانود	تیل آباد	تیل آباد	۵۵-۲۸-۰۰	۰۰-۵۵-۳۶	۱۰۰۰	۱۳۵۸	+	-	-	
۱۱	گرگانود	خرمالو	نوده	۵۵-۱۶-۰۰	۲۰-۰۳-۳۷	۲۸۰	۱۳۴۵	+	+	+	
۱۲	گرگانود	قره سو	اراز کوسه	۵۵-۰۸-۰۰	۰۰-۱۳-۳۷	۳۴.۵	۱۳۴۴	+	+	+	
۱۳	گرگانود	گرگانود	قزاقلی	۵۵-۰۰-۴۰	۴۰-۱۳-۳۷	۳۰	۶۵۶۰	+	+	+	
۱۴	گرگانود	گرگانود	سد	۵۵-۴۴	۴۰-۱۱-۳۷	۱۲	۷۱۵۷	+	+	+	
۱۵	گرگانود	قره جای	رامیان	۵۵-۰۸-۱۰	۰۱-۳۷-۰	۲۰۰	۲۴۳	+	-	-	
۱۶	گرگانود	سیاه جوی	شیرآباد	۵۵-۰۲-۴۰	۲۰-۵۸-۳۶	۱۶۰	۱۳۴۶	+	-	-	
۱۷	گرگانود	زرین گل	زرین گل	۵۴-۵۷-۱۰	۲۰-۵۲-۳۶	۲۸۰	۱۳۴۵	+	+	+	
۱۸	گرگانود	قره سو	باغف سالیان	۵۴-۳۹-۳۰	۳۰-۷-۳۷	۲۰	۱۳۴۹	+	-	-	
۱۹	گرگانود	محمد آباد	سرمو	۵۴-۴۸-۳۰	۳۰-۴۹-۳۶	۵۰۰	۱۳۵۳	+	+	+	
۲۰	گرگانود	جعفر آباد	تقی آباد	۵۴-۲۸-۰۰	۱۰-۵۲-۳۶	۱۰۰	۱۳۵۰	+	-	-	
۲۱	گرگانود	اوتوق یلغی	اوتوق یلغی	۵۳-۲۴-۰۰	۵۹-۳۶-۰	-۲	۱۳۶۳	+	-	-	
۲۲	گرگانود	گرگانود	آق فلا	۵۴-۲۷-۳۰	۴۰-۰۰-۳۷	-۱۲	۱۳۲۹	+	+	+	
۲۳	گرگانود	گرگانود	بصیر آباد	۵۴-۱۰	۴۰-۰۰-۳۷	-۳۱	۱۳۵۰	+	-	-	

فصل پنجم- مشخصات حوزه آبریز مورد مطالعه

جدول (۷-۵) مشخصات فیزیکی آبریز رودخانه های استان گلستان [۸.۲۷]

ردیف	قره سو- گرگان رود										نام و کد زیرحوضه	مشخصات فیزیکی رودخانه و ایستگاه
	قرن آباد امام زاده	قره چای رامیان	محمدآباد ۵ سرمو	زرین کل زرین کل	خرمالو نوده	قره سو ارازکوسه	نرم آب پس پشته	گرگانرود تمر	لوغان کالیکتش	دوغ تنگ راه		
۱	۳۶۰	۲۶۴	۳۸۴	۳۳۵	۸۴۴	۱۴۰۰	۱۶۰	۱۰۱۱۲	۴۰۴	۱۷۹۲	مساحت حوزه آبریز (کیلومتر مربع)	
۲	۲۸	۸۵	۸۹	۷۵	۱۶۳۶	۱۷۵	۶۷۲	۱۷۲۵	۱۰۰	۲۴۰	محیط حوزه آبریز (کیلومتر)	
۳	۲۷۷۲	۲۹۷۷	۳۵۰۰	۲۹۷۷	۲۸۹۸	۲۸۹۸	۲۰۳۵	۲۴۰۰	۲۵۵۰	۲۵۷۸	ارتفاع حداکثر (متر)	
۴	۱۵۲۲	۱۳۱۵	۱۹۰۶	۱۵۳۸	۱۵۰۶	۱۲۱۰	۸۳۱	۵۰۹	۱۱۴۷	۱۳۸۰	ارتفاع متوسط (متر)	
۵	۱۵۴۰	۱۳۴۰	۱۹۵۰	۱۵۶۰	۱۶۰۰	۱۳۳۰	۹۴۰	۱۶۰	۱۱۷۵	۱۳۸۰	ارتفاع میانه (متر)	
۶	۵۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۲۸۰	۲۴۰	۳۴۰	۱۹۵	۱۳۲	۲۵۰	۳۳۰	ارتفاع حداقل (متر)	
۷	۱,۳۱	۱,۵۱	۱,۲۷	۱,۱۵	۱,۵۴	۱,۲۴	۱,۴۷	۱,۲۴	۱,۳۹	۱,۵۹	ضریب گراولیوس	
۸	۱۰۰۶	۳۵,۴	۳۲,۶	۲۲,۸	۶۹,۰	۶۲,۴	۲۷,۷	۶۱,۴	۳۹,۸	۱۰۲,۵	طول مستطیل معادل (کیلومتر)	
۹	۳,۴	۷,۱	۱۱,۹	۱۴,۷	۱۲,۸	۲۵,۱	۶,۰	۲۴,۸	۱۰,۲	۱۷,۵	عرض مستطیل معادل (کیلومتر)	
۱۰	۱۲,۰	۳۰,۶	۱۶,۸	۲۲,۵	۳۷,۶	۷۶,۸	۲۴,۲	۵۵,۲	۴۵,۰	۵۳,۸	طول رودخانه (کیلومتر)	
۱۱	۱۲,۶۷	۵,۳۹	۹,۹۵	۶,۲۲	۴,۷۵	۱,۶	۴,۸	۱,۰۲	۲,۹۳	۱,۷۶	شیب خالص رودخانه (درصد)	
۱۲	۱۲,۸	۱۰,۱	۱۰,۳	۱۲	۶,۳۱	۴,۵۸	۸,۵۷	۴,۳۲	۶,۱۳	۳,۶	شیب متوسط حوزه (درصد)	

ادامه جدول (۷-۵) مشخصات فیزیکی حوزه های آبریز رودخانه های استان گلستان [۸.۲۷]

ردیف	قره سو- گرگان رود			نام و کد زیرحوضه	مشخصات فیزیکی رودخانه و ایستگاه
	گرگان رود بصیر آباد	گرگان رود سد گرگان	زیارت نهار خوران		
۱	۱۰۱۹۷	۷۱۵۶	۱۰۲	مساحت حوزه آبریز (کیلومتر مربع)	
۲	۶۳۷,۵	۴۹۷,۵	۴۹,۵	محیط حوزه آبریز (کیلومتر)	
۳	۳۵۰۰	۲۸۹۸	۳۰۸۶	ارتفاع حداکثر (متر)	
۴	۹۰۷	۹۳۷	۱۷۶۷	ارتفاع متوسط (متر)	
۵	۸۱۰	۷۴۰	۱۷۷۰	ارتفاع میانه (متر)	
۶	-۲۱	۱۱	۵۰۰	ارتفاع حداقل (متر)	
۷	۱,۷۷	۱,۶۵	۱,۳۸	ضریب گراولیوس	
۸	۲۸۲,۷	۲۱۵,۵	۱۹,۶	طول مستطیل معادل (کیلومتر)	
۹	۳۶,۱	۳۳,۲	۵,۱	عرض مستطیل معادل (کیلومتر)	
۱۰	۲۲۵,۸	۱۵۳,۵	۲۱,۰	طول رودخانه (کیلومتر)	
۱۱	۰,۱۱	۰,۲۱	۹,۰۲	شیب خالص رودخانه (درصد)	
۱۲	۱,۲۷	۲,۲	۱۴,۴	شیب متوسط حوزه (درصد)	

فصل پنجم- مشخصات حوضه آبریز مورد مطالعه

جدول (۵-۸) عوامل فیزیوگرافیکی و هیدرولوژیکی حوضه های آبریز بالادست سد گرگان [۸.۲۷]

متوسط حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته (سال ۲)	متوسط ایدمی زمستان $\frac{m^3}{sec}$	ایدمی متوسط بهار $\frac{m^3}{sec}$	متوسط رسوب سالانه ton ۱۰۰۰	نسبت حداکثر لحظه ای (ساله ۲) $\frac{m^3}{sec}$	ایدمی متوسط (ساله ۲) $\frac{m^3}{sec}$	بارش متوسط حوضه (mm)	ضریب جریان %	شیب متوسط حوضه %	طول شاخه اصلی (Km)	ضریب گراولوس	ارتفاع متوسط (m)	مساحت (Km ²)	رودخانه- ایستگاه
-	۱,۲	۲,۸۱	۱۹۷۷,۸	۱۱	۱,۲۱	۵۵۲	۱۰,۴	۴,۱	۹۶,۹۵	۱,۶۶	۹۷۹	۷۳۸,۱	زاو زاو
۳۴	۱,۵۷	۲,۷۹	۵۰۲,۹	۱۸,۴	۱,۴۹	۴۸۷	۶,۷۹	۴,۳۲	۵۵,۲۵	۱,۲۴	۵۰۹	۱۵۲۴,۹ ۴	گرگانرود تمر
۴۵,۵	۱,۳۲	۴,۰۳	۳۰,۸۵	۱۶,۴	۱,۵	۳۱۶	۹,۰۸	۳,۶	۵۳,۷۵	۱,۵۹	۱۳۸۰	۱۷۹۱,۷	دوغ تنگراه
-	۲,۹	۵,۰۲	۶۳,۴	۲۴,۳	۲,۵۹	۵۹۴	۳۶	۶,۱۳	۴۵	۱,۳۹	۱۱۴۷	۴۰۵,۷۳	اوغان گالیکش
-	۰,۶۲	۰,۹۲	-	۶,۱۷	۰,۴۷	۸۵۸	۳۳,۸	۶,۵۴	۲۰,۳	۱,۸	۷۷۶	۵۶,۵۲	قلی تپه قلی تپه
-	۸,۲۵	۱۵,۹۵	۲۱۱۷,۲	۸۲,۱	۸,۱۶	۴۹۸	۱۱,۳	۲,۶۸	۱۰۷,۲ ۵	۱,۵۵	۸۵۶	۴۸۶۸,۹	گرگانرود گنبد
-	۲,۶۶	۴,۰۳	۱۸,۹۹	۳۱,۵	۲,۱۷	۶۶۲	۴۰,۵	۷,۸۷	۳۰,۷۵	۱,۳۸	۱۲۴۰	۲۷۲	چهل چای لزوره
۵۳,۹	۳,۳۵	۳,۷۵	۳۶,۹۸	۳۲,۸	۲,۰۸	۸۴۷	۵۰,۱	۸,۶	۲۴,۱۵	۱,۴۷	۹۴۰	۱۶۴,۹	نرماب پس پشته
-	۳,۹۲	۱,۹۹	۶۹,۰۳	۲۲,۲	۲,۳۴	۴۱۸	۲۰,۸	۶,۳۱	۳۷,۶	۱,۵۴	۱۵۰۶	۸۸۵,۶	خرمالو نوده
-	۲۰,۶۷	۲۶,۹۷	۲۶۶۰,۲	۱۲۲	۱۴,۱	۵۱۲	۱۴,۱	۲,۳۳	۱۲۲,۷	۱,۵۷	۱۰۰۲	۶۵۶۰	گرگانرود قزاقلی
۳۵,۵	۹,۳	۱۱,۵۱	۵۶۷,۶	۸۹,۸	۵,۹۴	۵۵۷	۲۲,۸	۴,۵۸	۷۶,۸	۱,۲۴	۱۲۱۰	۱۵۶۵	قره سو ارازکوسه
۲۹,۲	۱۵,۴	۲۰,۸۴	۳۷۲,۴	۱۲۳	۱۱,۵	۴۹,۳	۱۱	۲,۲	۱۵۳,۵	۱,۶۵	۹۳۷	۷۱۵۵,۹	گرگانرود سد گرگان
P ₂₄	Q _{Win}	Q _{SP}	Q _s	Q _{Max(2)}	Q _{W(2)}	\bar{p}	C _p	S	L	G	H	A	علامت

جدول (۵-۹) مشخصات شاخه بندی رودخانه های حوضه آبخیز منطقه مورد مطالعه [۸].

ردیف	نام رودخانه	محل خروج	تعداد شاخه ها از درجات مختلف				
			۱	۲	۳	۴	۵
۱	صفا رود	دریا	۷	۲	۱		
۲	چالرود	دریا	۱۴	۳	۱		
۳	شیررود	دریا	۴	۱			
۴	چشمه کیله	دریا	۱۹	۵	۲	۱	
۵	آزاد رود	دریا	۶	۲	۱		
۶	کاظم رود	دریا	۲	۱			
۷	اسپه رود	دریا	۱				
۸	پلنگ رود	دریا	۱				
۹	سرداب رود	دریا	۷	۱			
۱۰	چالوس	دریا	۴۱	۱۱	۳	۱	
۱۱	کورکور سر	دریا	۱				
۱۲	خیررود	دریا	۴	۲	۱		
۱۳	کنس رود	دریا	۲	۱			
۱۴	نور (سولده)	دریا	۵	۲	۱		
۱۵	لاویج رود	دریا	۳	۱			
۱۶	نور (هراز)	هراز	۳۲	۵	۲	۱	
۱۷	لار (هراز)	هراز	۱۴	۳	۱		
۱۸	هراز	هراز	۸۱	۲۲	۷	۲	۱
۱۹	بابل رود (شامل بز رود)	دریا	۲۳	۷	۱		
۲۰	طلالار	دریا	۲۸	۷	۲	۱	
۲۱	سیاهرود	دریا	۴	۱			
۲۲	تجن	دریا	۵۴	۱۲	۴	۱	
۲۳	دارایکلا	دریا	۱				
۲۴	نکا	دریا	۳۰	۷	۱		
۲۵	گژ	دریا	۱	۸			
۲۶	اترک	دریا	۲۲				
۲۷	کسیلیان	دریا	۱				

جدول (۵-۱۰) خصوصیات فیزیوگرافی حوضه سد گلستان [۱۰، ۲۷].

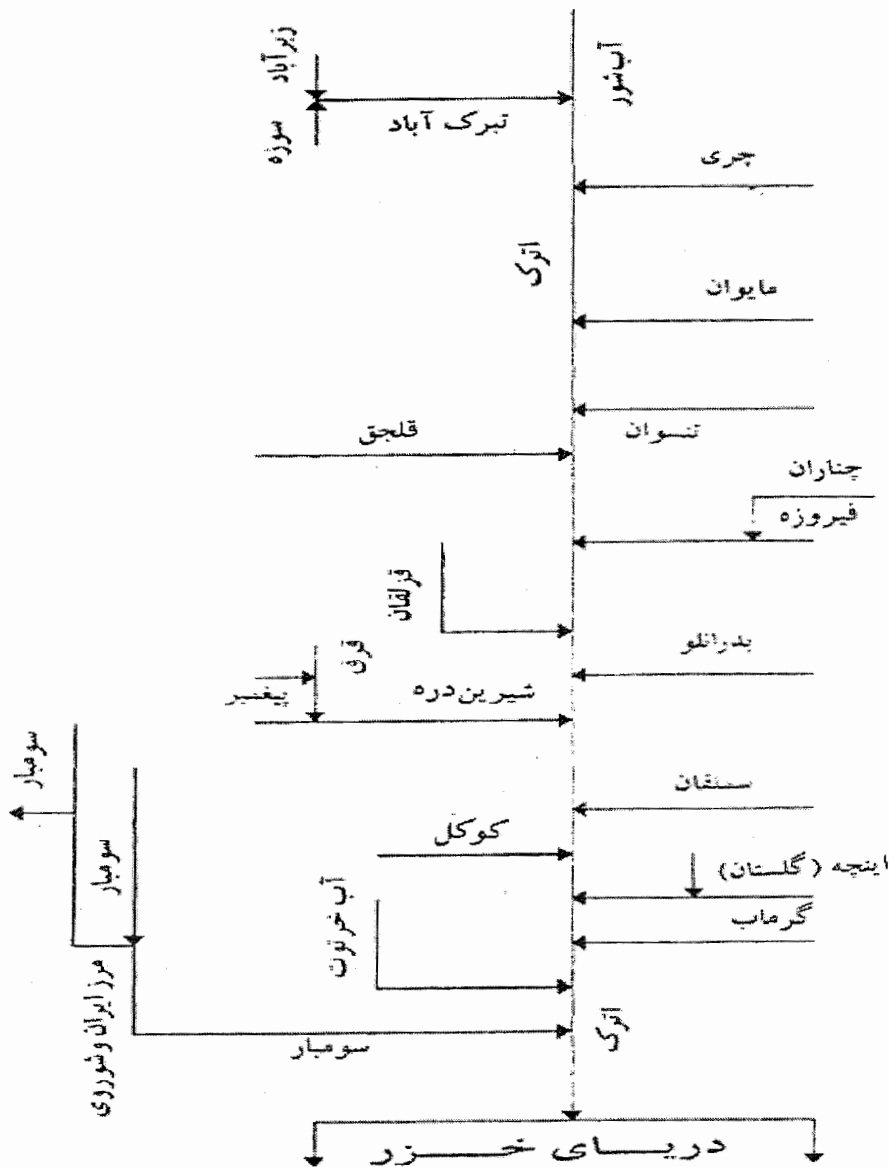
ردیف	مشخصات حوضه آبریز	دوغ- تنگراه	اوغان- گالیکش	گرکانرود- محل سد گلستان	گرکان رود- گنبد
۱	مساحت حوضه آبریز	۱۷۹۱،۷۲	۴۰۵،۷	۴۹۲۰	۵۲۰۰
۲	محیط حوضه آبریز	۲۴۰	۱۰۰	۳۸۳	۴۱۰
۳	حداکثر ارتفاع حوضه	۲۵۷،۸	۲۵۵۰	۲۵۷۸	۲۵۷۸
۴	ارتفاع متوسط حوضه	۱۳۸۰	۱۱۴۷	۸۹۲	۸۵۶
۵	ارتفاع میانه حوضه	۱۳۸۰	۱۱۷۵	۸۱۰	۷۹۰
۶	حداقل ارتفاع حوضه	۲۳۰	۲۵۰	۴۵	۳۶
۷	ضریب گراولیوس	۱،۵۹	۱،۳۹	۱،۵۲	۱،۵۷
۸	طول مستطیل معادل	۱۰۲،۵	۳۹،۸	۱۶۱	۱۷۴،۷
۹	عرض مستطیل معادل	۱۷،۵	۱۰،۲	۳۰،۶	۳۰،۲
۱۰	طول شاخه اصلی	۶۶	۴۵	۱۲۲،۵	۱۳۲،۵
۱۱	طول LC	۳۱،۵	۲۰	۵۷	۶۷،۵
۱۲	شیب خالص شاخه اصلی	۱،۷۶	۲،۹۳	۰،۸۱	۰،۳۹
۱۳	شیب متوسط حوضه	۳،۶	۶،۱۳	۲،۸	۲،۶۸
۱۴	زمان تمرکز	۱۴،۶	۱۰،۴	۲۵،۷	۲۷،۸
۱۵	مشخصات جغرافیایی	طول	۵۵،۴۴	۵۵،۱۶،۳۰	۵۵،۰۸
	نقطه خروجی حوضه	عرض	۳۷،۲۷	۳۷،۱۹،۳۰	۳۷،۱۴

جدول (۵-۱۱) درجه بندی شاخه های رودخانه های حوضه سد گلستان [۱۰،۲۷]

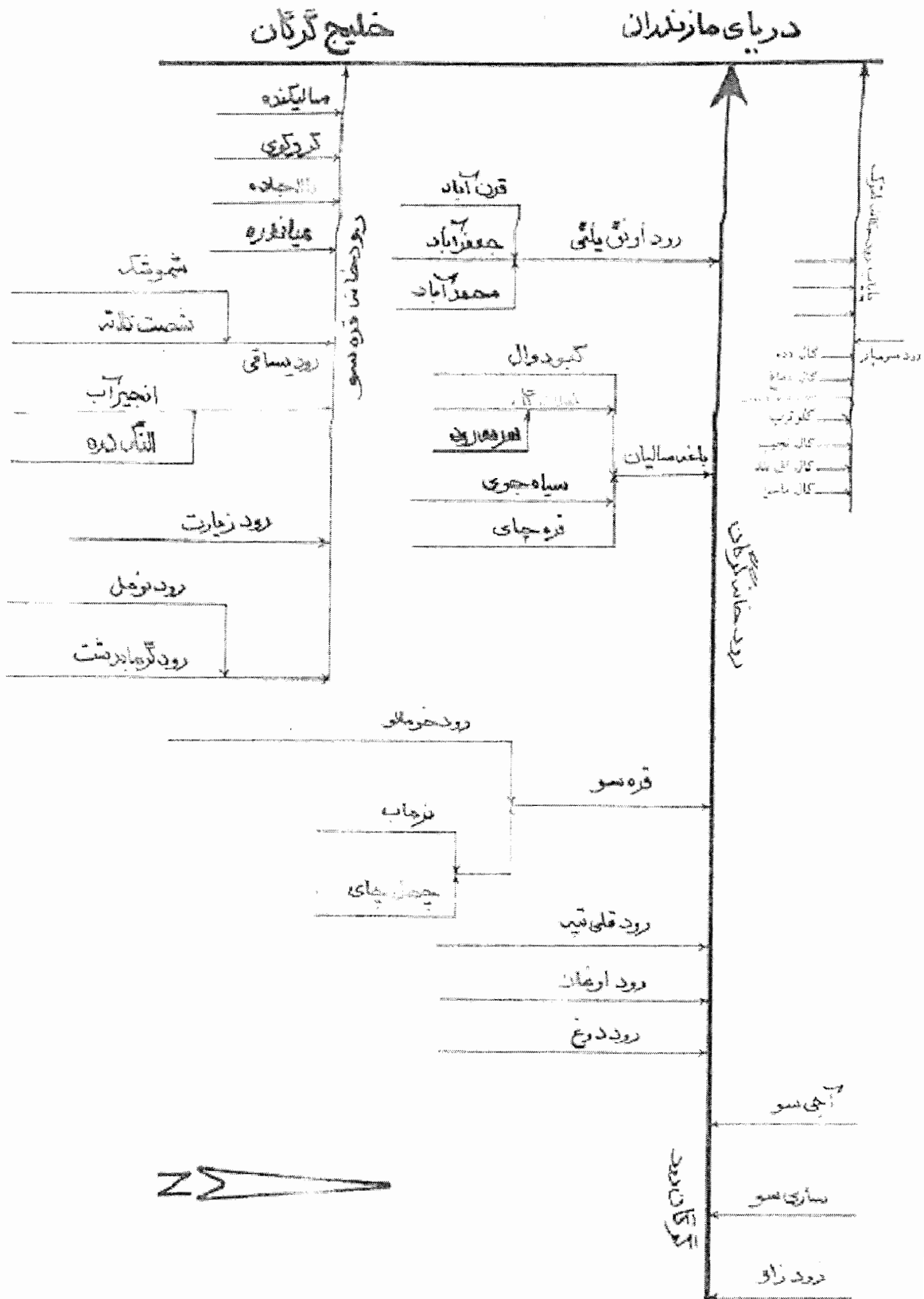
نام حوضه	تعداد شاخه ها از درجات مختلف					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
دوغ- تنگراه	۱۴	۶	۱			
اوغان- گالیکش	۹	۱				
گرگان رود- گنبد	۳۵	۱۱	۲	۱		

جدول (۵-۱۲) مشخصات ایستگاههای ثبات بارندگی [۶].

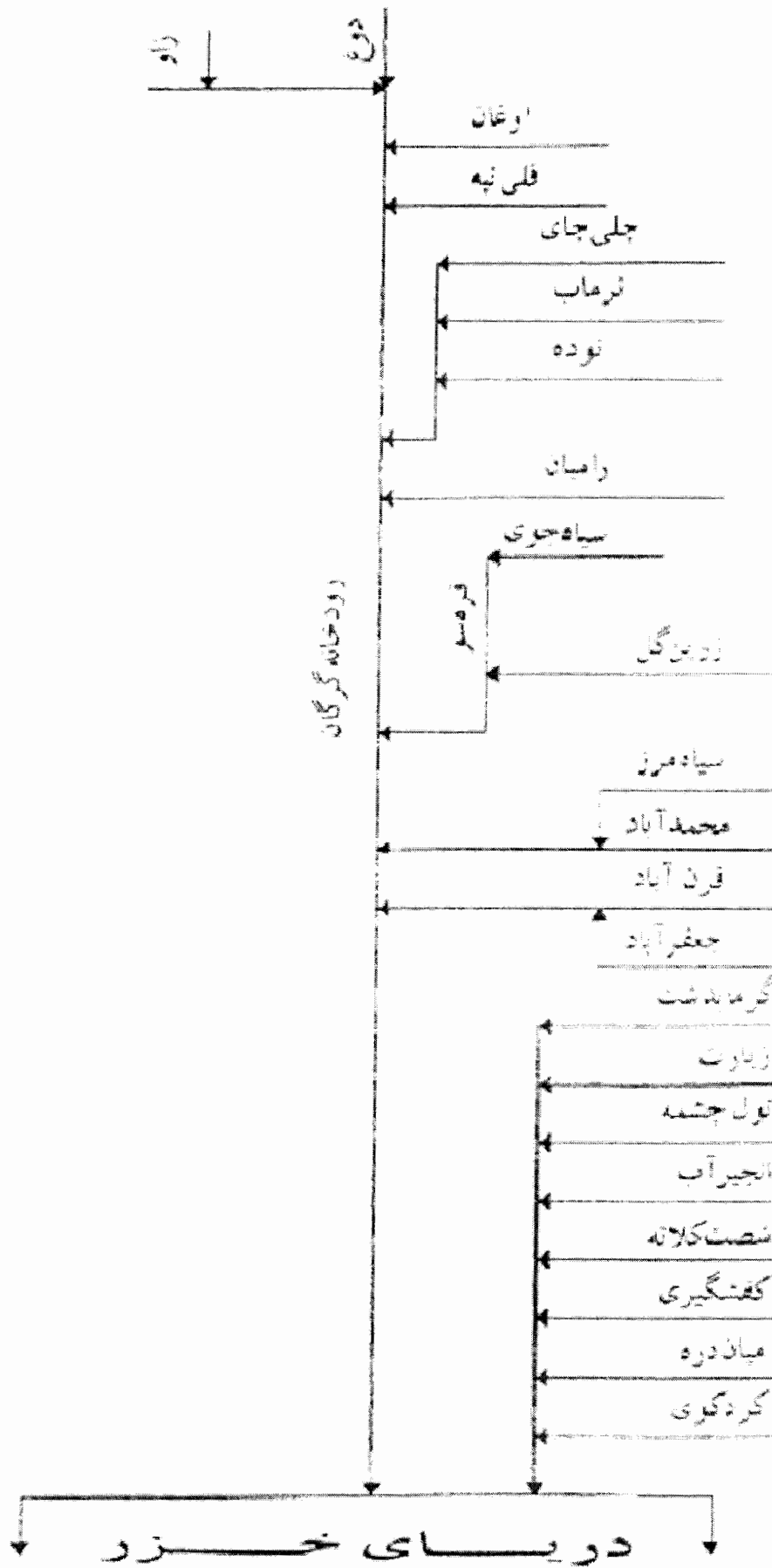
ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	آق قلا	۲۷°	۰۱°
۲	بهشهر	۳۵°	۴۱°
۳	بابل	۴۱°	۳۲°
۴	ساری	۰۶°	۳۵°
۵	فاضل آباد	۴۵°	۵۴°
۶	قلعه جیق	۱۰°	۱۸°



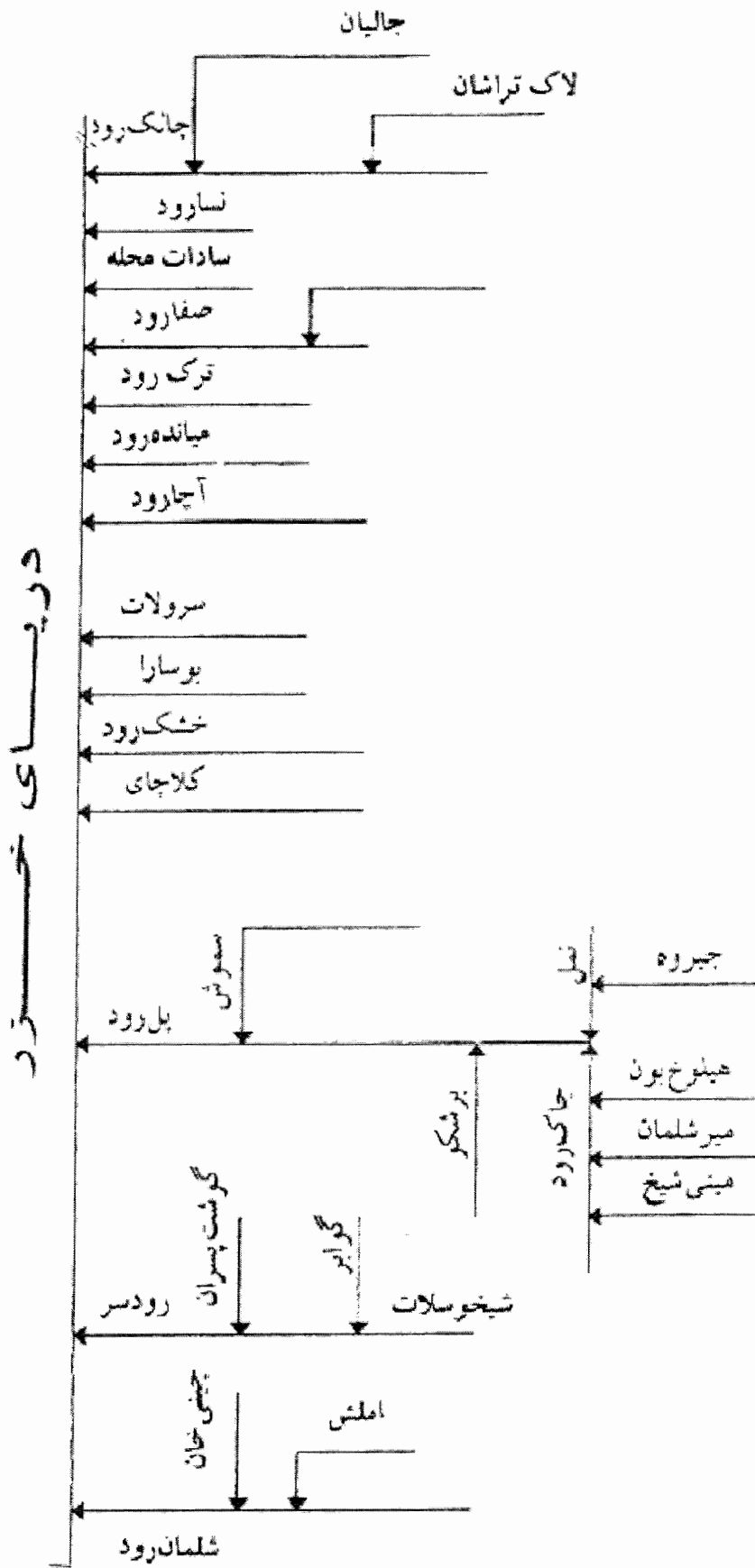
شکل (۵-۶) شبکه هیدروگرافی رودخانه اترک [۱۰].



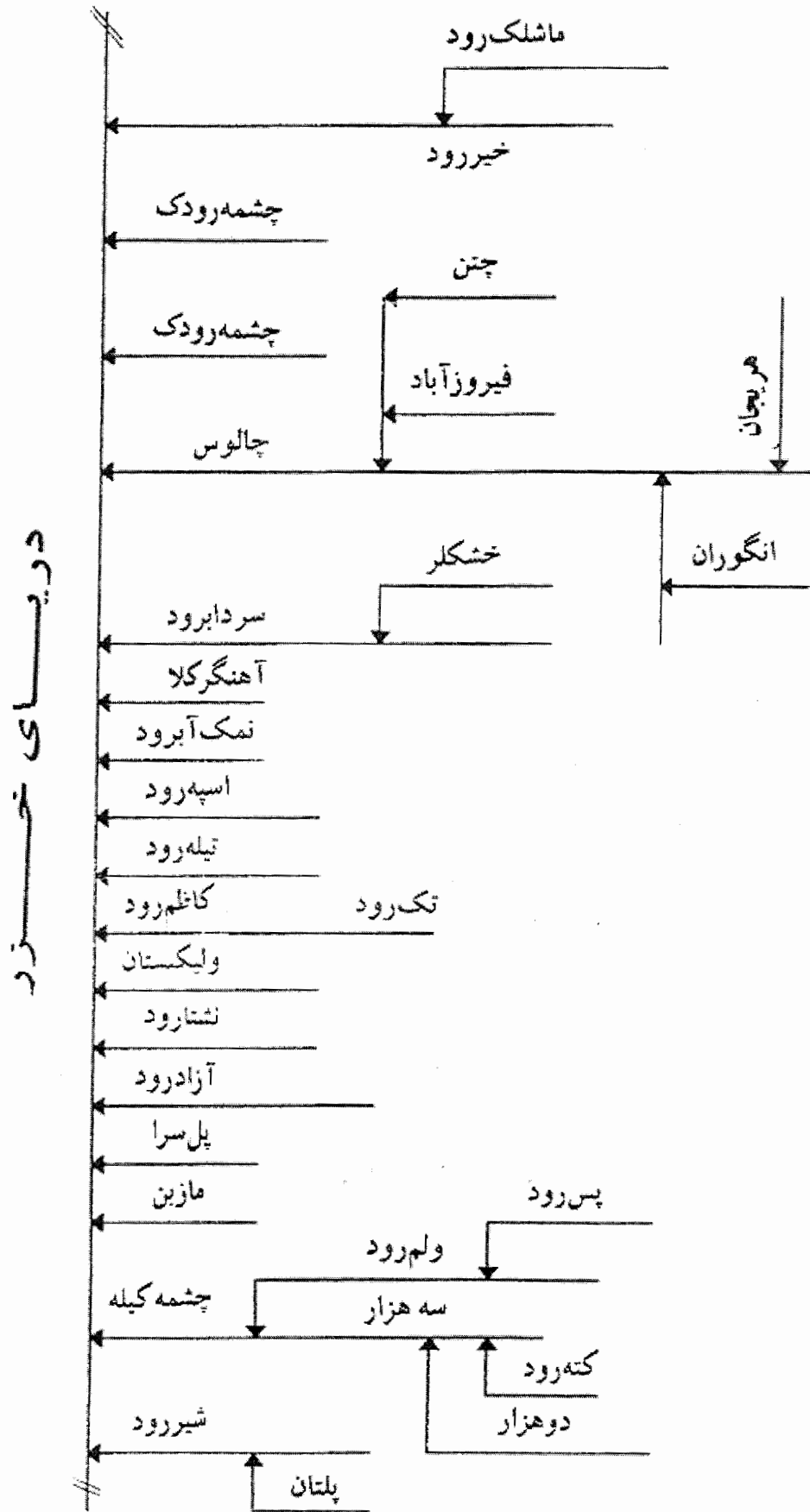
شکل (۵-۷) شبکه هیدروگرافی رودخانه های استان گلستان [۱۰].



شکل (۵-۸) شبکه هیدروگرافی رودخانه های گرگان و قره سو [۱۰].

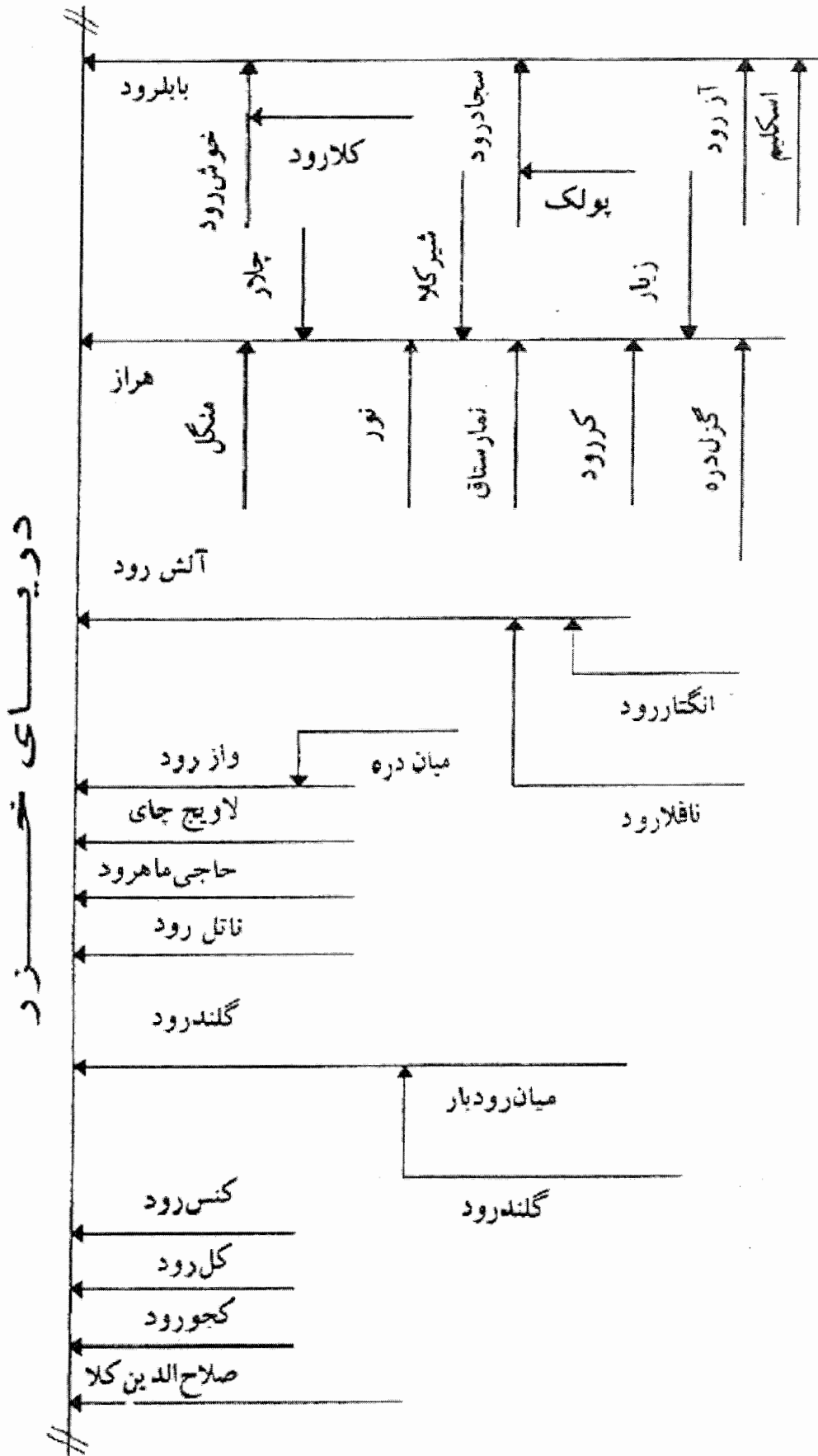


شکل (۵-۹) شبکه هیدروگرافی رودخانه های آبریز ساحلی مازندران [۱۰].

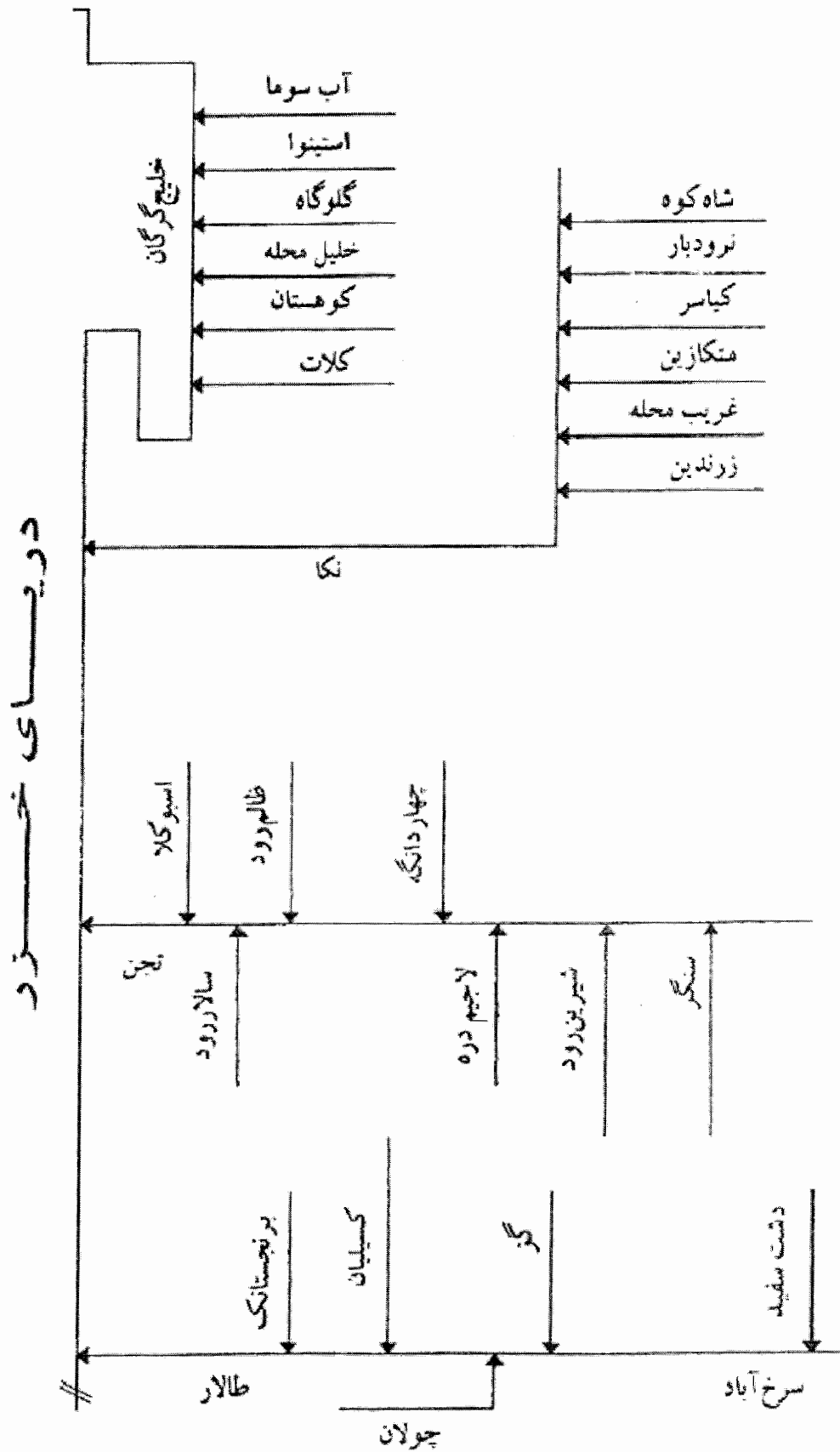


دریچه‌های خلیج فارس

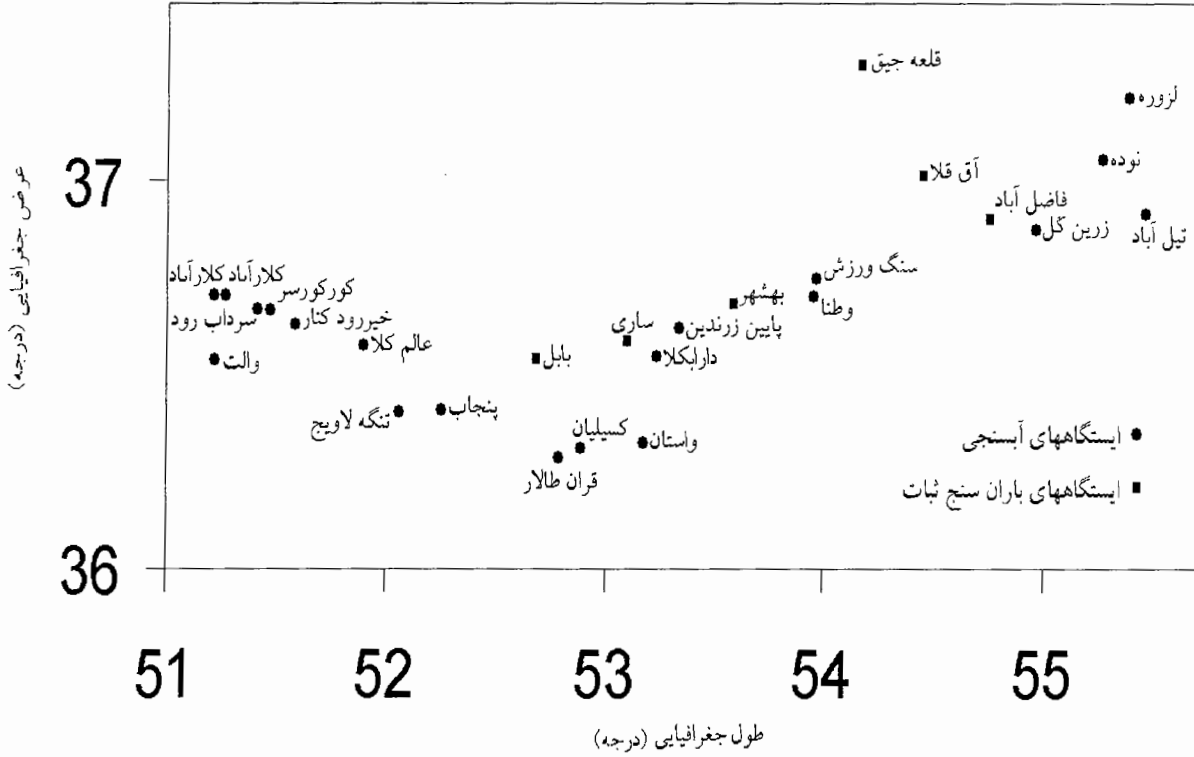
ادامه شکل (۵-۹) شبکه هیدروگرافی رودخانه های آبریز ساحلی مازندران [۱۰].



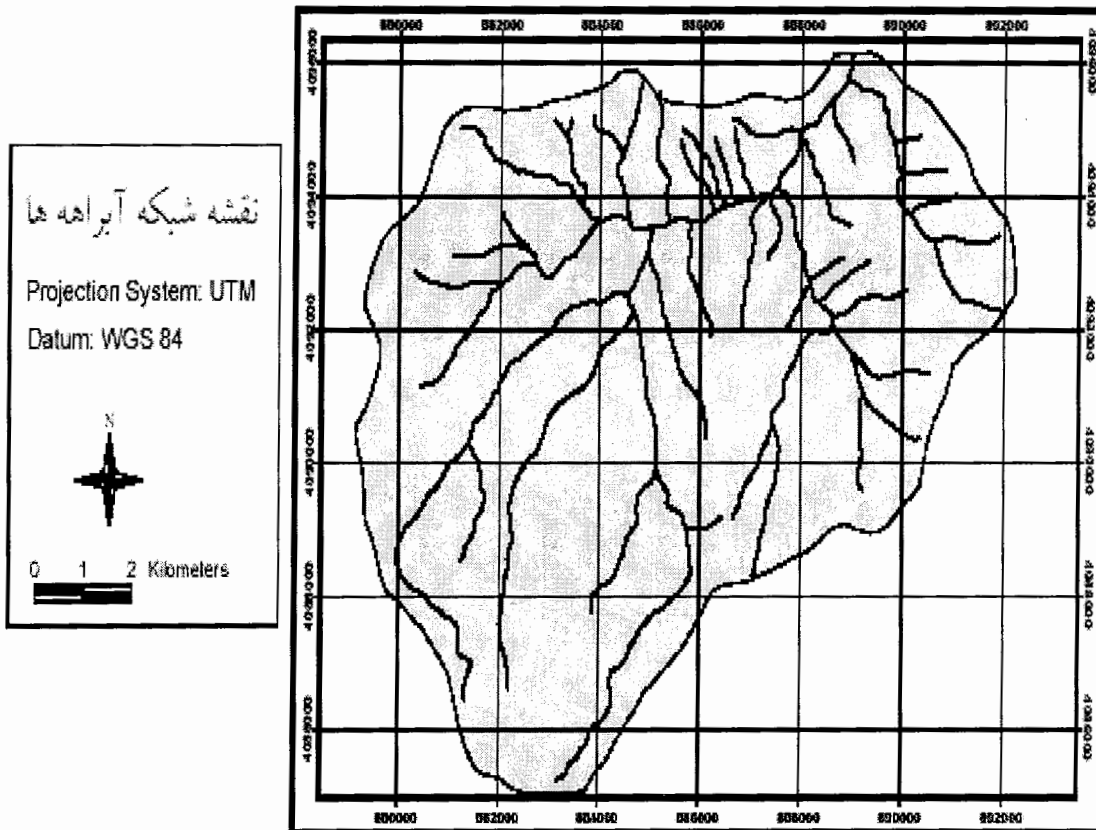
ادامه شکل (۵-۹) شبکه هیدروگرافی رودخانه های آبریز ساحلی مازندران [۱۰].

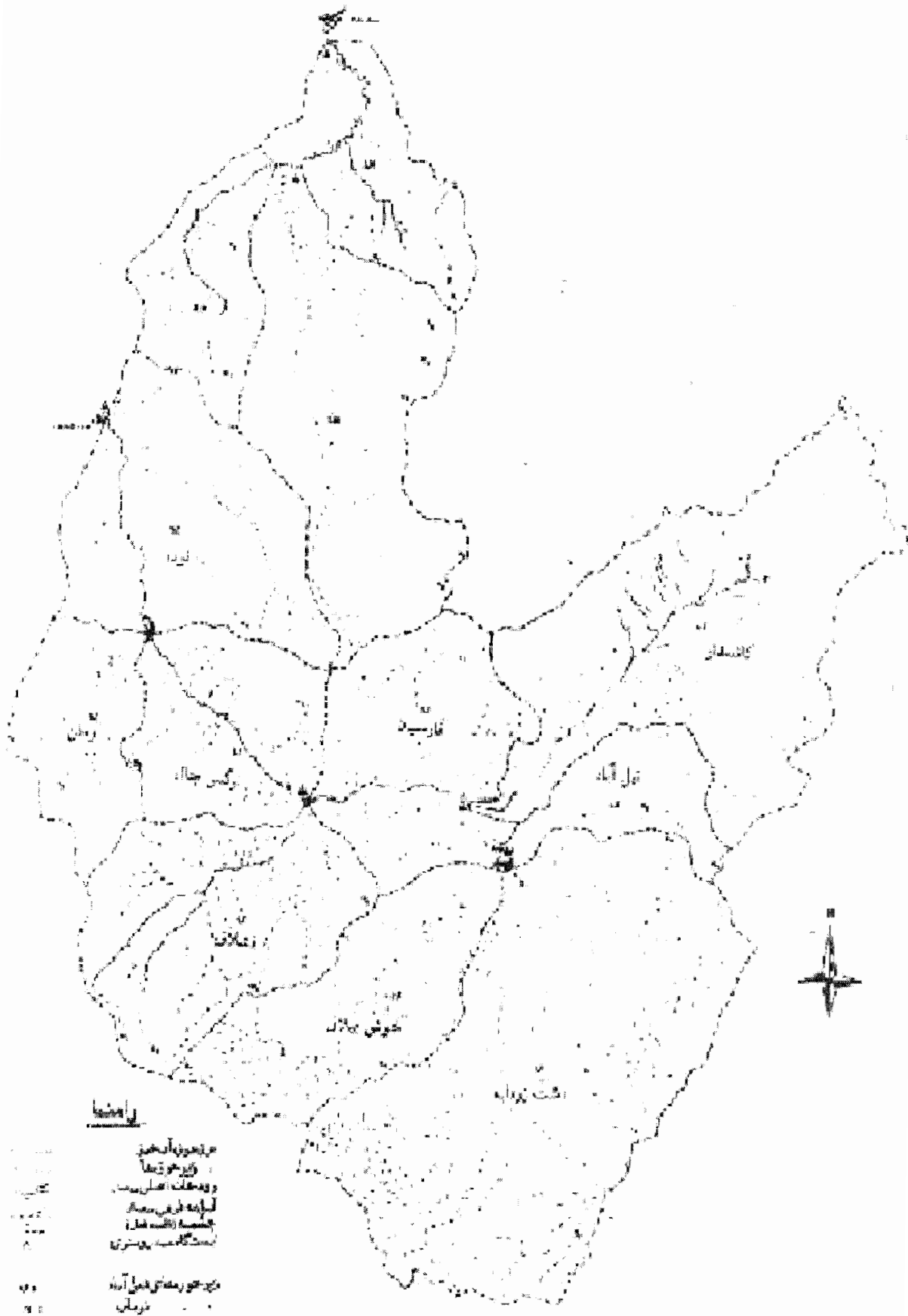


ادامه شکل (۵-۹) شبکه هیدروگرافی رودخانه های آبریز ساحلی مازندران [۱۰].

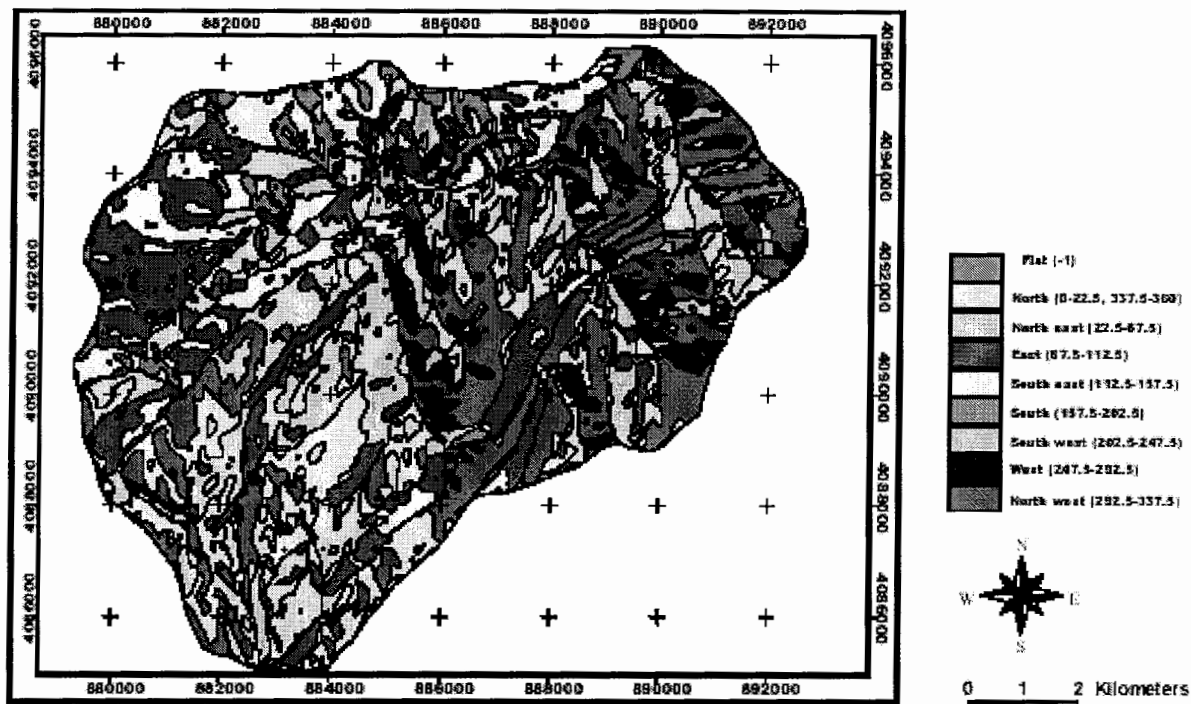


شکل (۵-۱۰) موقعیت ایستگاههای آبسنجی و ثبات بارندگی منطقه مورد مطالعه

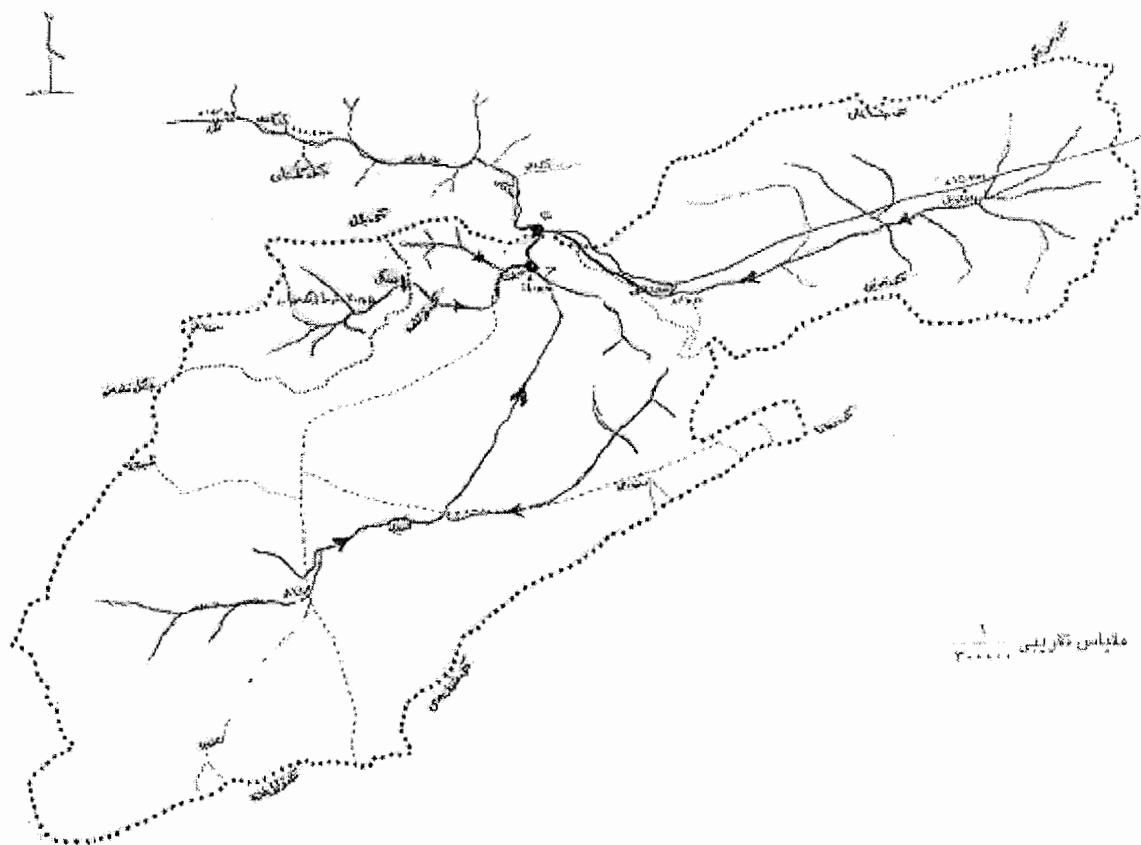




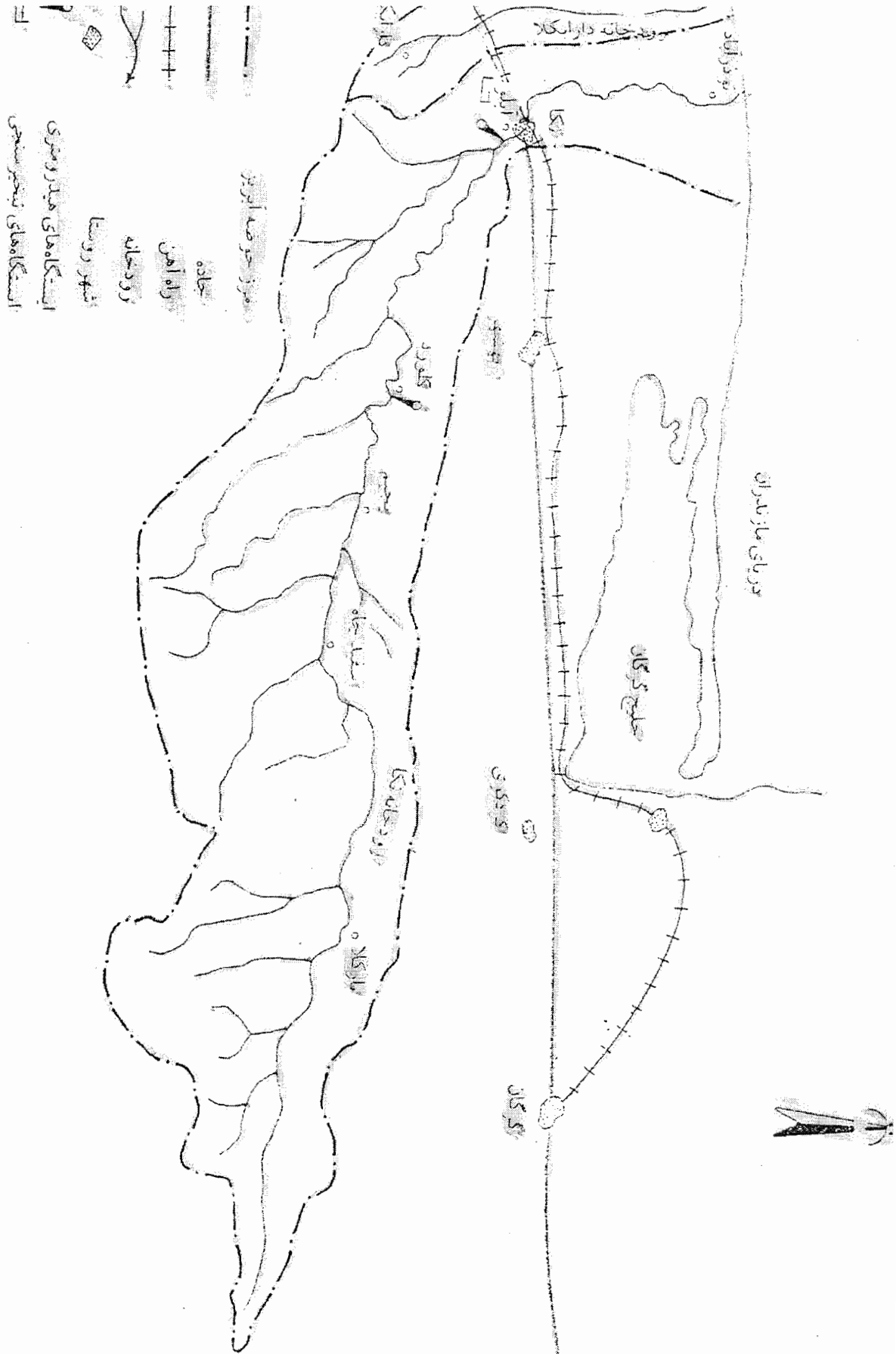
شکل (۵-۱۲) نقشه شبکه آبراهه‌های حوضه آبریز تیل آباد



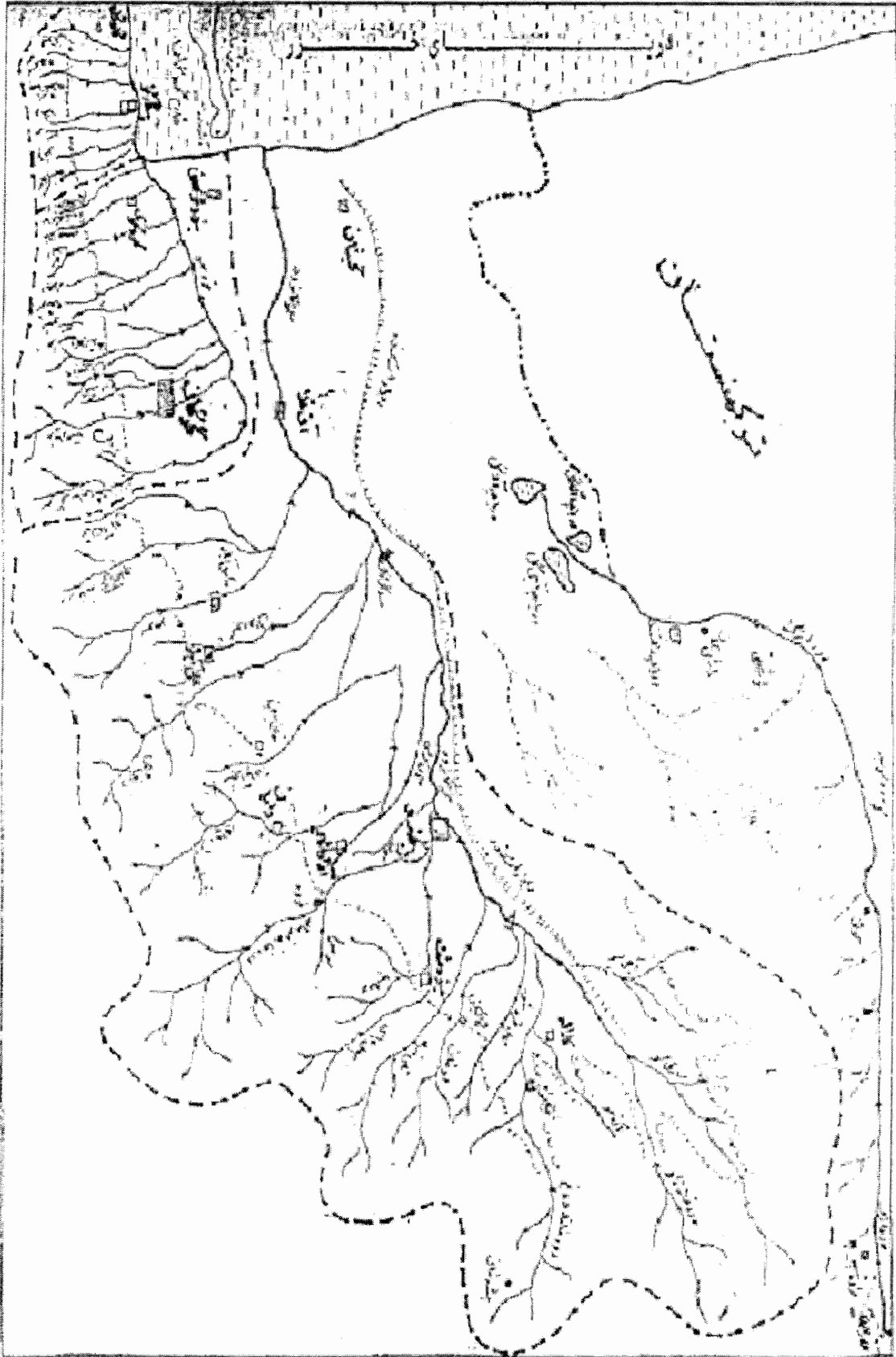
شکل (۵-۱۳) نقشه جهت زیر حوزه فارسیان



شکل (۵-۱۴) نقشه حوزه آبریز مسیل های دشت و رباط قره بیل از سرشاخه های رودخانه مادر سر



شکل (۵-۱۵) نقشه حوضه آبریز رودخانه های نکا و دارابکلا



شکل (۵-۱۶) نقشه پهنابومرکز استان کرمانشاه



شکل (۵-۱۷) نقشه حوضه گرانرود

۵-۷- خلاصه

انجام کلیه محاسبات در محیط GIS بسیار دقیق تر و سریع تر انجام گردیده و علاوه بر آن ارزیابی و کنترل نتایج نیز ساده تر می باشد. ضمناً تهیه کلیه نقشه ها در این محیط ساده تر انجام گرفته و نگهداری بایگانی و انتقال آنها ساده تر است. در صورت استفاده از فایل های توپوگرافی رقومی شده سازمان نقشه برداری کشور و یا وزارت مسکن و شهر سازی تهیه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) بسیار ساده تر می شود. ضمناً فایل های DEM با مقیاس های مختلف برای مناطق مختلف کره زمین توسط سنجنده ها قابل تهیه و خریداری است که در صورت لزوم می توان از آنها استفاده کرد. انجام اینگونه محاسبات نیاز به رایانه های نسبتاً پرسرعت و با حافظه بالا دارد. توصیه می شود که در صورت امکان مطالعات منابع آب در محیط GIS انجام گیرد تا امکان استفاده و متصل کردن آن به سایر نرم افزارهای مورد استفاده در محاسبات هیدرولیکی ساده تر انجام گیرد. نتایج اجرای مدل مذکور در فصل بعدی ارائه شده است.

فصل ششم
نتایج و بحث

نتایج و بحث

مقدمه

این طرح در قسمتی از حوضه آبریز دریای مازندران در محدوده طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی انجام گرفته است. در این طرح از آمار ۲۹ ایستگاه آبسنجی و ۶ ایستگاه ثبات بارندگی وزارت نیرو استفاده شد. به منظور کاهش تأثیرات غیریکنواخت زمانی سریهای آماری، یک دوره آماری مشترک انتخاب گردید. در حقیقت با انتخاب این دوره مشترک، اثر عوامل هیدرومتئورولوژیکی که از سالی به سال دیگر تغییر می کنند را کاهش داده و تفاوت عوامل جوی برای هر سال، در سطح حوضه های مختلف به عنوان پارامتر تصادفی در نظر گرفته می شود.

قطعاً با افزایش طول دوره آماری، تجزیه و تحلیل نتایج با دقت بیشتری انجام می گیرد و تخمین بهتری از پارامترهای مورد نظر بدست می آید. اما متأسفانه با توجه به کوتاه بودن طول دوره آماری موجود برای اکثر ایستگاهها، باید به حدی اکتفا کرد که برای ایستگاهها بتوان این مقادیر را فراهم نمود. در این طرح سعی گردیده که دوره آماری انتخابی طوری باشد که اکثر ایستگاههای آبسنجی، دارای آمار کامل و یا نسبتاً کاملی باشند و یا شدت آمار بارندگی همزمان با آمار رواناب موجود باشد. حداقل طول دوره آماری استفاده شده در این طرح ۱۰ سال در نظر گرفته شده است و ایستگاههایی که کمتر از این تعداد سال آمار داشتند حذف گردیدند. حداکثر طول دوره آماری ۴۱ سال است که مربوط به ایستگاه قران طالار می باشد. آمار دبی و شدت بارندگی از گزارشهای سازمان تحقیقات منابع آب (تماب) استخراج شده و بر روی آنها با استفاده از سه برنامه کامپیوتری SURFER و TR و SMADA تجزیه و تحلیل انجام گرفته است.

۶-۱- تجزیه و تحلیل دبی

در محدوده طرح تعداد ۵۴ ایستگاه آبنجی وجود داشت که برخی از آنها بعلت ناچیز بودن طول دوره آماری، عدم وجود ایستگاه ثبات بارندگی در بعضی مناطق و یا واقع شدن در حوضه هایی که ذوب برف در مقدار دبی رودخانه تأثیر داشت، از طرح حذف شده و مطالعات بر روی ۲۹ ایستگاه آبنجی صورت گرفت. با تجزیه و تحلیل آمار دستگاه لیمنوگراف که بر روی دیسکت کامپیوتری ذخیره شده بود حداکثر دبی سالانه استخراج گردید و سپس با برنامه های TR و SMADA این آمار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای استفاده از برنامه کامپیوتری TR، نیاز به یک فایل داده می باشد که آن را می توان با هر نامی و با پسوند^۱ DAT در ویرایشگرهای PE2, EDIT, NC و ... تشکیل داد و سپس داده ها را به طور ستونی وارد این فایل نمود. برای اینکه فایل داده قابل استفاده برای برنامه TR باشد، باید داده ها با فرمت مشخصی به برنامه داده شود که توسط زیربرنامه IN.EXE این عمل صورت می گیرد. حال برنامه TR.EXE اجرا می شود که در ابتدا، برنامه نام فایل های ورودی و خروجی را سؤال می کند که باید به ترتیب *IN و *OUT تایپ گردد. در این مرحله، برنامه TR توزیع های مختلف آماری را بر اساس کمترین مجموع مربعات خطا^۲ انتخاب می کند. توزیع هایی از قبیل نرمال، لوگ نرمال، گامبل و لوگ گامبل مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند. برنامه TR از بین تمام داده های وارد شده به برنامه بهترین خط را برازش می دهد. سپس هر توزیعی که کمترین فاصله را با بهترین خط عبور داده شده داشت (دارای RSS کمتر بود) بعنوان توزیع برازش شده معرفی می گردد.

نتایج دبی با دوره های برگشت متفاوت (بر حسب متر مکعب بر ثانیه) و سایر پارامترهای آماری حاصل از اجرای برنامه کامپیوتری TR و SMADA برای ایستگاههای آبنجی مورد استفاده در جداول (۶-۱) الی (۶-۶) آورده شده است. با توجه به این جداول مشاهده می گردد که از میان ۲۹ ایستگاه آبنجی تعداد ۴ ایستگاه بر توزیع گامبل، ۵ ایستگاه لوگ گامبل، ۴ ایستگاه لوگ گاما، ۲ ایستگاه لوگ پیرسون و ۳ ایستگاه لوگ نرمال و مابقی لوگ پیرسون تیپ ۳ مطابقت دارند. بنابراین در ایستگاههای مورد نظر توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ و گامبل و لوگ گامبل بیشترین تطابق را دارد. ایستگاههای دارای توزیع یکسان در محدوده

^۱ - Extension

^۲ - Residual sum of squares (RSS)

طرح، در مجاورت هم قرار ندارند. نرم افزار SMADA با کمک روش گرافیکی، مناسبترین توزیع آماری را با کمترین میزان خطا لوگ پیرسون تیپ ۳ تشخیص داد. به لحاظ نظری نیز توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ برای محاسبه دبی های سیلابی کاربرد بیشتری دارد.

در این طرح دبی با دوره های برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه گردیده است که با افزایش دوره برگشت مقدار دبی افزایش می یابد. برای طراحی انواع سازه ها و ابنیه، با نظر به اینکه سازه مورد نظر چقدر کارایی داشته باشد و یا برای چه مدتی طراحی گردد، از دوره های برگشت بیشتر استفاده می گردد، چون خطر خرابی آن کمتر است ولی در این صورت هزینه طرح افزایش می یابد.

به کمک نرم افزار SMADA انواع مختلف توزیع های آماری شامل نرمال، لوگ نرمال ۲ پارامتری، لوگ نرمال ۳ پارامتری، گامبل، پیرسون تیپ ۳ و لوگ پیرسون تیپ ۳ به روش ترسیمی مورد آنالیز قرار می گیرد. این نرم افزار با کمک روش گرافیکی، مناسبترین توزیع آماری را با کمترین میزان خطا لوگ پیرسون تیپ ۳ تشخیص داد.

به لحاظ نظری نیز توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ برای محاسبه دبی های سیلابی کاربرد بیشتری دارد. در روش گرافیکی، برای انتخاب بهترین توزیع آماری، منحنی تجربی (رابطه ویبول Weibull) با منحنی تئوری مقایسه می شود و هر توزیعی که بیشترین تطابق را بین منحنی های تجربی و تئوری داشته باشد، به عنوان توزیع آماری مناسب انتخاب می گردد.

برای انتخاب توزیع آماری مناسب از روش گرافیکی نرم افزار SMADA و نیز روش محاسبه مجموع مربعات باقیمانده (RSS) استفاده شده است. در روش گرافیکی، خط توزیع تجربی (بر اساس رابطه احتمال ویبول) با خط توزیع تئوری (بر اساس توزیع مورد نظر) مقایسه شده و در هر توزیعی که انطباق این دو خط بیشتر باشد به عنوان توزیع فراوانی مناسب انتخاب می گردد.

روش گرافیکی تنها یک راهنمای اولیه برای انتخاب توزیع مناسب می باشد که برای انتخاب دقیقتر توزیع فراوانی مناسب از روش محاسبه مجموع مربعات باقیمانده استفاده شده که رابطه آن به صورت زیر می باشد:

$$RSS = \sqrt{\frac{\sum (P_e - P_0)^2}{n - m}} \quad (6-1)$$

که در آن:

$RSS =$ مجموع مربعات باقیمانده

$P_e =$ دبی حداکثر لحظه ای برآورد شده از توزیع

$P_0 =$ دبی حداکثر لحظه ای مشاهده ای

$n =$ تعداد داده ها (تعداد سالهای آماری)

و $m =$ تعداد پارامترهای توزیع مورد استفاده است که در توزیع نرمال، لوگ نرمال ۲ پارامتری و گامبل (توزیع های دو متغیره) برابر ۲ بوده و در توزیع های پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳ و لوگ نرمال ۳ پارامتری (توزیع های سه متغیره) برابر ۳ می باشد. شایان ذکر است که بهترین توزیع، دارای کمترین مقدار مجموع مربعات باقیمانده می باشد. مقادیر دبی حداکثر لحظه ای مشاهده ای با بررسی آمار ایستگاهها تعیین شده و مقدار برآوردی از توزیعهای مختلف، توسط نرم افزار SMADA محاسبه شده که از آنها برای تعیین مجموع مربعات باقیمانده استفاده گردید و در نهایت هر توزیعی که مقدار RSS کمتری داشته باشد به عنوان توزیع مناسب انتخاب شده است.

جدول (۱-۶) نتایج دبی با دوره های بازگشت مختلف (متر مکعب بر ثانیه) و سایر پارامترهای آماری حاصل از اجرای

برنامه کامپیوتری TR برای ایستگاههای آبسنجی مورد تحقیق

رودخانه ایستگاه	سرداب رود	پلنگ آبرود	اسپه رود	سرداب رود	کوکورسور	خیر رود
تعداد سال آماری	۲۲	۳۴	۱۹	۲۸	۲۶	۱۷
Q_1	۹,۲۶	۶,۷۱	۳,۵۲	۱۴,۷۰	۱۴,۶۰	۱۰,۱۹
Q_5	۱۸,۴۶	۹,۴۳	۴,۶۲	۲۴,۱۱	۲۷,۲۷	۱۵,۹۰
Q_{10}	۲۹,۱۴	۱۴,۰۵	۶,۹۱	۳۳,۴۶	۳۷,۸۰	۱۹,۶۸
Q_{25}	۵۱,۸۹	۱۹,۲۵	۸,۳۲	۵۰,۶۱	۵۳,۵۵	۲۴,۴۵
Q_{50}	۷۹,۶۲	۲۳,۶۴	۱۰,۲۱	۶۸,۸۰	۶۷,۰۵	۳۱,۹۹
Q_{100}	۱۲۱,۷۸	۲۸,۳۸	۱۲,۶۸	۹۳,۳۲	۸۲,۰۹	۵۹,۶۸
RSS	۲,۸۰۷	۴,۹۵۸	۱,۶۳۶	۶,۲۳۴	۲,۷۰۷	۱,۲۱۶
بهترین توزیع آماری	لوگ گامبل	لوگ نرمال	لوگ نرمال	لوگ گامبل	لوگ نرمال	گامبل

جدول (۲-۶) نتایج دبی با دوره های بازگشت مختلف (متر مکعب بر ثانیه) و سایر پارامترهای آماری حاصل از اجرای برنامه

کامپیوتری TR برای ایستگاههای آبسنجی مورد تحقیق

رودخانه ایستگاه	کنس رود	لاویج	نمارستاق	بابل رود	شیرگاه	لاجیم
تعداد سال آماری	۱۶	۳۰	۲۲	۴۶	۳۳	۱۶
Q_1	۴,۵۲	۶,۴۳	۹,۶۴	۷۳,۱۵	۳۰,۷۴	۸,۷۱
Q_5	۱۰,۶۸	۱۳,۴۰	۱۷,۷۰	۱۲۱,۵۹	۶۱,۸۶	۲۱,۰۷
Q_{10}	۱۶,۸۶	۱۹,۸۴	۲۵,۳۱	۱۵۳,۶۷	۹۲,۳۹	۳۰,۴۶
Q_{25}	۲۷,۶۰	۳۰,۳۶	۳۸,۲۲	۱۹۴,۱۹	۱۴۵,۶۷	۴۱,۲
Q_{50}	۳۸,۰۷	۴۰,۱۰	۵۰,۷۸	۲۲۴,۲۶	۱۹۸,۵۶	۵۱,۶
Q_{100}	۵۰,۹۲	۵۱,۶۲	۶۶,۳۸	۲۵۴,۱۰	۲۶۵,۱۸	۷۳,۹۶
RSS	۲,۲۵۴	۲,۷۲۳	۲,۹۷	۱۰,۹۲۴	۵,۴۶۰	۰,۸۳۶
بهترین توزیع آماری	لوگ پیرسون	لوگ پیرسون	لوگ گاما	گامبل	لوگ گاما	گامبل

فصل ششم - نتایج و بحث

جدول (۳-۶) نتایج دبی با دوره های بازگشت مختلف (متر مکعب بر ثانیه) و سایر پارامترهای آماری حاصل از اجرای برنامه

کامپیوتری TR برای ایستگاههای آبنجی مورد تحقیق

رودخانه	دارابکلا	نکا	گز	گرمادشت	سرمه رود	چهل چای
ایستگاه	دارابکلا	پایین زرنیدین	وطنا	سنگ ورزش	زرین گل	لزوره
تعداد سال آماری	۲۲	۱۷	۲۶	۱۸	۱۸	۳۱
Q ₁	۶,۹۸	۱۶,۶۵	۰,۸۲	۱۵,۶۴	۵,۸۹	۱۵,۸۵
Q ₅	۱۸,۵۳	۵۶,۹۷	۴,۵۰	۲۹,۸۹	۱۱,۵۹	۳۶,۴۱
Q ₁₀	۳۵,۳۷	۱۲۸,۶۴	۷,۲۵	۴۴,۰۹	۱۷,۵۴	۵۹,۷۲
Q ₂₅	۸۰,۰۳	۱۵۴,۸۱	۱۳,۴۰	۵۹,۲۸	۲۸,۶۴	۱۰۶,۷۱
Q ₅₀	۱۴۶,۶۶	۱۸۷,۹۴	۲۶,۸۴	۷۱,۳۷	۴۰,۴۴	۱۵۸,۲۰
Q ₁₀₀	۲۶۷,۵۷	۲۶۸,۳۲	۵۳,۴۹	۸۵,۱۵	۵۶,۲۲	۲۳۰,۷۸
RSS	۲,۸۲۱	۱,۸۷۷	۱,۴۱۹	۱,۰۵۱	۱,۸۴۹	۷,۳۳۴
بهترین توزیع آماری	لوگ گامبل	گامبل	لوگ گامبل	لوگ گامبل	لوگ گاما	لوگ گاما

جدول (۴-۶) نتایج برآورد بر اساس توزیع برازش شده مقادیر سیلاب (مترمکعب بر ثانیه) ایستگاههای آبنجی با دوره های

برگشت مختلف بر اساس مناسب ترین توزیع برازش شده

ردیف	رودخانه	ایستگاه	۲ ساله	۵ ساله	۱۰ ساله	۲۰ ساله	۲۵ ساله	۵۰ ساله	۱۰۰ ساله	۲۵۰ ساله	۵۰۰ ساله	۱۰۰۰ ساله	توزیع
۱	دوغ	تنگراه	۱۸,۹	۴۴,۶	۷۲,۱	۱۱۳,۲	۱۲۹,۹	۱۹۵,۷	۲۸۸,۹	۴۲۰,۱	۶۷۶,۹	۹۶۰,۷	توزیع III
۲	اوغان	گالیکش	۲۲,۴	۵۰,۸	۸۱,۳	۱۲۲,۵	۱۳۸,۶	۱۹۹,۳	۲۷۹,۹	۳۸۶,۱	۵۷۸,۰	۷۷۴,۴	توزیع III
۳	قلی تپه	قلی تپه	۱۳,۱	۳۰,۶	۴۳,۷	۵۶,۷	۶۱,۰	۷۴,۱	۸۷,۵	۱۰۱,۰	۱۱۹,۱	۱۳۲,۹	توزیع III
۴	چهل چای	لزوره	۲۲,۴	۵۳,۹	۸۸,۵	۱۳۵,۹	۱۵۴,۴	۲۲۴,۸	۳۱۸,۶	۴۴۲,۳	۶۶۶,۲	۸۹۵,۰	توزیع III
۵	نرماب	پس پشته	۴۸,۳	۹۲,۹	۱۳۳,۵	۱۸۱,۷	۱۹۹,۱	۲۶۰,۰	۳۲۲,۳	۴۱۷,۸	۵۵۴,۸	۶۷۹,۵	توزیع III
۶	خرمالو	نوده	۱۸,۱	۳۵,۱	۵۱,۳	۷۱,۴	۷۸,۹	۱۰۵,۷	۱۳۸,۹	۱۷۹,۸	۲۴۸,۶	۳۱۴,۲	توزیع III
۷	قره سو	اراز کوسه	۸۵,۶	۱۴۶,۲	۲۰۲,۶	۲۷۲,۱	۲۹۷,۸	۳۹۰,۲	۵۰۵,۲	۶۴۷,۹	۸۹۰,۹	۱۱۲۶,۴	توزیع III
۸	گرگانرود	گنبد	۸۵,۸	۱۹۰,۴	۲۶۷,۸	۳۴۵,۱	۳۷۰,۱	۴۴۸,۰	۵۲۶,۸	۶۰۶,۳	۷۱۲,۹	۷۹۴,۵	توزیع III
۹	گرگانرود	قزاقلی	۱۱۵,۸	۱۸۲,۲	۲۴۲,۱	۳۱۷,۴	۳۴۴,۹	۴۴۳,۰	۵۶۴,۵	۷۱۵,۲	۹۷۱,۵	۱۲۲۰,۳	توزیع III
۱۰	قره چای	رامیان	۲۸,۰	۵۸,۰	۹۰,۳	۱۳۴,۷	۱۵۳,۳	۲۱۹,۵	۳۱۱,۱	۴۳۵,۴	۶۶۹,۰	۹۱۷,۷	توزیع III

جدول (۵-۶) پارامترهای آماری و آبدهی حداکثر لحظه ای با دوره های برگشت مختلف برای ایستگاههای آبنجی مورد تحقیق

بهترین توزیع آماری	دوره برگشت به سال							پارامترهای آماری				رودخانه	ایستگاه	ردیف			
	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۲	ضریب تغییرات Cv	ضریب چولگی g	انحراف معیار S	میانگین X						
لوگ بیروسون	۸۵۷,۴۵	۷۰۰,۳۴	۴۱۳,۷	۳۱۹	۲۳۸,۹	۱۵۲,۷	۴۴,۹۷	۱۲۱,۹	۳,۲	۸۶,۳۴	۸۰,۷۷	۱۲۱,۹	۳,۲	۸۶,۳۴	۸۰,۷۷	۱	انزک تبارک آباد
تپه III	۷۳۸,۷۵	۵۹۵,۸۴	۳۴۰,۶۶	۲۵۸,۴	۱۹۰,۱	۱۱۸,۱۷	۳۲,۲۵	۱۳۳,۸	۲,۸۶	۷۲,۱۲	۵۳,۸۸	۱۳۳,۸	۲,۸۶	۷۲,۱۲	۵۳,۸۸	۲	انزک می می
"	۹۱۵,۴۸	۷۸۴,۲۶	۵۲۴,۵	۴۲۹,۹۶	۳۴۴,۷۱	۲۴۴,۸۴	۹۶,۱۸	۸۳,۷	۱,۲۵	۱۰۵	۱۲۵,۴۶	۹۶,۱۸	۸۳,۷	۱,۲۵	۱۰۵	۳	قلجق بارزو
"	۱۶۸۸,۱۵	۱۴۱۶,۶	۸۹۷,۸۱	۷۱۶,۶۸	۵۵۷,۸۸	۳۷۸,۵۴	۱۳۱,۲۵	۹۸,۹	۱,۸۷	۱۸۲,۸۲	۱۸۴,۶۸	۱۳۱,۲۵	۹۸,۹	۱,۸۷	۱۸۲,۸۲	۴	انزک رضا آباد
"	۲۶۲,۲۵	۲۴۶,۲۵	۲۰۷,۷۱	۱۹۰,۱۱	۱۷۱,۶۲	۱۴۵	۸۳,۷۸	۴۹,۲	۰,۶	۴۳,۲۹	۸۷,۹۳	۱۷۱,۶۲	۴۹,۲	۰,۶	۴۳,۲۹	۵	شیرین دره
"	۱۵۶,۱۷	۱۴۲,۶۹	۱۱۱,۳۴	۹۷,۷۸	۸۴,۱۱	۶۵,۶۹	۲۹,۰۹	۹۳,۱	۱,۶۲	۳۲,۸۲	۳۵,۲۵	۹۷,۷۸	۲۹,۰۹	۱,۶۲	۳۲,۸۲	۶	چناران بابا امان
"	۱۲۸,۷۶	۱۱۴,۴۰	۸۴,۱	۷۲,۲۲	۶۰,۹۷	۴۶,۸۸	۲۲,۷۸	۶۱	۲,۰۲	۱۶,۲۸	۲۶,۶۶	۷۲,۲۲	۲۲,۷۸	۲,۰۲	۱۶,۲۸	۷	شیرآباد شیرآباد
"	۱۰۵,۳۴	۸۸,۵۸	۵۶,۴۵	۴۵,۱۸	۳۵,۲۷	۲۴	۸,۴۴	۹۷,۳	۱,۷۵	۱۱,۴۷	۱۱,۸۷	۴۵,۱۸	۲۴	۱,۷۵	۱۱,۴۷	۸	درکش درکش
"	۱۲۸۵,۲۴	۱۱۱۸,۳۶	۷۷۵,۷	۶۴۵,۵۹	۵۲۴,۸۹	۳۷۸,۰۴	۱۴۱,۴۲	۸۸,۵	۲,۴۳	۱۶۲,۱۳	۱۸۳,۲۱	۷۷۵,۷	۱۴۱,۴۲	۲,۴۳	۱۶۲,۱۳	۹	انزک آغماراز
"	۴۰۰۰	۳۲۴۳,۳۵	۱۸۷۹,۹۵	۱۴۳۵,۹۱	۱۰۶۴,۲۳	۶۶۹,۳۲	۱۸۸,۵۹	۱۲۸,۶	۲,۷۱	۳۹۵,۵۲	۳۰۷,۳۵	۱۸۷۹,۹۵	۱۲۸,۶	۲,۷۱	۳۹۵,۵۲	۱۰	انزک فازانقایه
"	۲۱۷۰,۷۷	۱۸۶۱,۳۶	۱۲۴۷,۸۳	۱۰۲۴,۱۲	۸۲۲,۱۶	۵۸۵,۱۶	۲۳۱,۱۵	۸۳,۱	۲,۰۴	۲۴۹,۸۲	۳۰۰,۵۷	۱۲۴۷,۸۳	۲۳۱,۱۵	۲,۰۴	۲۴۹,۸۲	۱۱	انزک هونن
"	۹۶۴,۲۱	۸۸۲,۸۸	۶۹۳,۶۹	۶۱۱,۸۱	۵۲۹,۳۳	۴۱۸,۱۵	۱۹۷,۲۵	۶۵,۷	۰,۳۲	۱۴۶,۸۲	۲۲۳,۳۱	۶۹۳,۶۹	۱۹۷,۲۵	۰,۳۲	۱۴۶,۸۲	۱۲	انزک مراره تپه
"	۳۳۴۰,۳	۲۷۲۷,۱۹	۱۶۰۹,۹۹	۱۲۴۰,۳۲	۹۲۸,۴۱	۵۹۲,۹	۱۷۴,۱۹	۱۲۲,۱	۲,۵۸	۳۳۶	۲۷۵	۲۷۲۷,۱۹	۱۷۴,۱۹	۲,۵۸	۳۳۶	۱۳	انزک چات
"	۵۲۱,۵۲	۴۸۵,۳۶	۳۹۹,۶۲	۳۶۱,۳۳	۳۲۱,۶	۲۶۵,۶۹	۱۴۱,۷۸	۵۶,۶	۰,۷۵	۸۶,۱۲	۱۵۱,۹۷	۳۹۹,۶۲	۱۴۱,۷۸	۰,۷۵	۸۶,۱۲	۱۴	انزک ترشکلی
"	۷۷,۱۶	۷۰,۹۱	۵۶,۳۸	۵۰,۰۹	۴۳,۷۵	۳۵,۳۱	۱۸,۲۵	۶۶,۶	۱,۱۴	۱۳,۹۱	۲۰,۸۶	۵۶,۳۸	۱۸,۲۵	۱,۱۴	۱۳,۹۱	۱۵	انزک داشلی برون
"	۲۱۶,۴۱	۱۸۰,۶۵	۱۱۲,۹۱	۸۹,۵۱	۵۹,۱۴	۴۶,۳۶	۱۵,۵۶	۱,۰۶	۲,۰۳	۲۳,۶۹	۲۲,۳۶	۱۱۲,۹۱	۱۵,۵۶	۲,۰۳	۲۳,۶۹	۱۶	انزک سملقان

۶-۲- تجزیه و تحلیل شدت بارندگی

تجزیه و تحلیل فراوانی شدت بارندگی از مهمترین پارامترهای آب و هواشناسی مورد نیاز برای محاسبه سیلابها می باشد. کمبود ایستگاههای ثبات بارندگی در منطقه باعث می گردد که دبی های طراحی با دقت قابل توجهی محاسبه نگردد. این امر باعث شد که از هر ایستگاه ثبات بارندگی برای چند ایستگاه آبسنجی اطراف آن استفاده شود، البته این عمل با توجه به طول و عرض جغرافیایی ایستگاه ثبات بارندگی و آبسنجی صورت پذیرفت. همین امر باعث کاهش دقت تجزیه و تحلیل می شود چون عواملی از قبیل اختلاف ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا و اختلاف دما و فشار بین دو ایستگاه باعث خطا می گردند. مشخصات ایستگاههای ثبات بارندگی در جدول (۵-۱۳) آورده شده است.

در ابتدا با استفاده از آمار شدت بارندگی ۱۵ دقیقه ای ۶ باران سنج ثبات وزارت نیرو، شدتهای ۰/۵، ۱، ۲، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ساعته محاسبه گردید. در تعدادی از ایستگاهها به دلیل بارشهای کوتاه مدت، شدتهای ۱۲ ساعته محاسبه نشد، چون تداوم بارندگی به ۱۲ ساعت نمی رسید. سپس مقادیر شدت بارندگی با کمک برنامه کامپیوتری TR مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و دوره های برگشت شدت بارندگی مشخص شد. قابل ذکر است که بارشی که تداوم آن معادل زمان تمرکز حوضه آبخیز باشد، برای تعیین ضریب رواناب استفاده می گردد.

نتایج شدت بارندگی ایستگاههای باران سنجی ثبات در جداول (۶-۷) تا (۶-۱۳) آورده شده است. با توجه به نتایج مشخص می گردد که توزیع گامبل بر اکثر شدتهای بارندگی مطابقت دارد. با افزایش دوره برگشت، شدت بارندگی افزایش می یابد و با افزایش طول مدت بارندگی از شدت آن کاسته می گردد. لذا نتایج حاصل با اکثر تحقیقات انجام شده مطابقت دارد [۱۱، ۱۸، ۲۴، ۲۹].

در میان ایستگاههای ثبات بارندگی، ایستگاه بهشهر (جدول ۶-۹) دارای بیشترین مقدار بارندگی سالانه و ایستگاه فاضل آباد (جدول ۶-۱۱) دارای کمترین مقدار بارندگی سالانه می باشد.

جدول (۶-۶) مقادیر شدت - مدت - فراوانی در ایستگاه آق قلا (میلی متر بر ساعت)

مدت (ساعت)		دوره برگشت (سال)				
۰.۵	۱	۲	۳	۶	۱۲	
۷.۹۰	۴.۳۷	۲.۹۲	۳.۲۰	۲.۰۳	۲	
۱۲.۲۵	۱۲.۹۱	۸.۵۰	۵.۰۸	۳.۴۸	۵	
۱۵.۱۲	۲۱.۴۴	۱۷.۲۴	۶.۲۷	۴.۴۴	۱۰	
۱۸.۷۶	۳۴.۷۶	۳۲.۹۱	۷.۸۲	۵.۶۵	۲۵	
۲۱.۴۵	۴۱.۶۰	۴۴.۸۰	۸.۹۷	۶.۵۵	۵۰	
۲۴.۱۳	۴۹.۹۴	۵۱.۲۸	۱۰.۱۱	۷.۴۴	۱۰۰	
گامبل	لوگ گامبل	لوگ گامبل	گامبل	گامبل	بهترین توزیع آماری	

جدول (۶-۷) مقادیر شدت - مدت - فراوانی در ایستگاه بابل (میلی متر بر ساعت)

مدت (ساعت)		دوره برگشت (سال)					
۰.۵	۱	۲	۳	۶	۹	۱۲	
۶.۹۶	۴.۱۳	۳.۸۳	۲.۷۶	۲.۴۷	۱.۶۹	۱.۲۲	
۹.۸۸	۶.۳۶	۴.۶۴	۳.۹۱	۳.۱۴	۲.۶۳	۲.۱۲	
۱۱.۴۰	۷.۸۴	۵.۰۱	۴.۶۷	۳.۴۹	۳.۲۶	۲.۷۱	
۱۳.۰۳	۹.۷۱	۵.۳۵	۵.۶۳	۳.۸۶	۴.۰۴	۳.۴۶	
۱۴.۰۸	۱۱.۱۰	۵.۵۰	۶.۳۴	۴.۱۰	۴.۶۳	۴.۰۲	
۱۵.۰۲	۱۲.۴۸	۵.۷۰	۷.۰۵	۴.۳۲	۵.۲۱	۴.۵۷	
نرمال	گامبل	لوگ پیرسون	گامبل	نرمال	گامبل	گامبل	
						بهترین توزیع آماری	

جدول (۶-۸) مقادیر شدت - مدت - فراوانی در ایستگاه بهشهر (میلی متر بر ساعت)

مدت (ساعت)		دوره برگشت (سال)					
۰.۵	۱	۲	۳	۶	۹	۱۲	
۵.۴۴	۴.۳۷	۲.۹۲	۴.۰۱	۳.۰۳	۲.۱۶	۲	
۱۷.۲۲	۱۲.۹۱	۸.۵۰	۸.۶۶	۴.۳۲	۳.۶۹	۵	
۲۱.۸۹	۲۶.۴۴	۱۶.۲۴	۱۳.۴۰	۵.۰۰	۴.۷۰	۱۰	
۲۵.۳۶	۱۹.۸۶	۱۶.۹۰	۹.۸۷	۵.۷۲	۵.۹۸	۲۵	
۲۸.۳۸	۲۰.۳۱	۱۷.۶۵	۱۰.۵۶	۶.۱۹	۶.۹۳	۵۰	
۳۱.۹۰	۲۳.۶۲	۱۹.۹۶	۱۴.۶۳	۶.۶۱	۷.۸۷	۱۰۰	
لوگ گامبل	لوگ گامبل	لوگ گامبل	لوگ گاما	نرمال	گامبل	بهترین توزیع آماری	

جدول (۶-۹) مقادیر شدت-مدت- فراوانی در ایستگاه ساری (میلی متر بر ساعت)

دوره برگشت (سال)		مدت (ساعت)					
۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۰.۵	۱۲
۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	گامیل	گامیل
۲.۰۴	۳.۲۰	۴.۱۰	۵.۲۳	۶.۰۸	۶.۹۲	گامیل	گامیل
۲.۵۴	۳.۴۷	۴.۹۲	۷.۶۶	۱۰.۶۴	۱۴.۷۴	گامیل	گامیل
۳.۱۸	۴.۱۹	۵.۸۴	۸.۸۹	۱۲.۱۳	۱۶.۳۴	گامیل	گامیل
۳.۸۹	۴.۹۳	۷.۹۳	۱۰.۳۲	۱۲.۰۹	۱۳.۸۵	گامیل	گامیل
۴.۲۳	۵.۵۳	۹.۴۳	۱۲.۲۲	۱۴.۲۹	۱۶.۳۴	گامیل	گامیل
۴.۷۳	۸.۱۵	۱۰.۷۴	۱۴.۷۶	۱۶.۷۵	۱۹.۷۲	گامیل	گامیل

جدول (۶-۱۰) مقادیر شدت-مدت- فراوانی در ایستگاه فاضل آباد (میلی متر بر ساعت)

دوره برگشت (سال)		مدت (ساعت)					
۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۰.۵	
۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	گامیل	گامیل
۱.۵۵	۲.۱۷	۲.۵۷	۳.۰۹	۳.۴۷	۳.۸۵	گامیل	گامیل
۱.۸۶	۲.۰۱	۲.۳۳	۲.۵۹	۳.۷۲	۳.۸۱	گامیل	گامیل
۱.۹۵	۲.۴۳	۴.۴۱	۵.۶۵	۶.۵۷	۷.۴۸	گامیل	گامیل
۲.۵۵	۳.۴۳	۵.۶۹	۷.۲۸	۸.۴۵	۹.۶۲	گامیل	گامیل
۳.۰۴	۵.۸۹	۷.۷۷	۱۰.۱۴	۱۱.۹۱	۱۳.۶۶	گامیل	گامیل

جدول (۶-۱۱) مقادیر شدت-مدت- فراوانی در ایستگاه قلعه جیق (میلی متر بر ساعت)

دوره برگشت (سال)		مدت (ساعت)					
۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۰.۵	۹
۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	گامیل	گامیل
۲.۳۳	۳.۰۵	۴.۵۱	۶.۶۵	۷.۶۶	۸.۶۲	گامیل	گامیل
۲.۳۳	۳.۰۵	۴.۵۱	۶.۶۵	۷.۶۶	۸.۶۲	گامیل	گامیل
۲.۳۳	۳.۰۵	۴.۵۱	۶.۶۵	۷.۶۶	۸.۶۲	گامیل	گامیل
۲.۳۳	۳.۰۵	۴.۵۱	۶.۶۵	۷.۶۶	۸.۶۲	گامیل	گامیل
۲.۳۳	۳.۰۵	۴.۵۱	۶.۶۵	۷.۶۶	۸.۶۲	گامیل	گامیل
۲.۳۳	۳.۰۵	۴.۵۱	۶.۶۵	۷.۶۶	۸.۶۲	گامیل	گامیل

جدول (۶-۱۲) مقادیر شدت-مدت- فراوانی در ایستگاه گرگان (میلی متر بر ساعت)

زمان تداوم بارش (میلیمتر)															دوره برگشت (سال)	
۳۰۰	۲۴۰	۱۸۰	۱۲۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۲
۴.۷	۵.۵	۶.۸	۷.۷	۸.۴	۹.۱	۱۰.۱	۱۱.۳	۱۲.۹	۱۵.۲	۱۸.۸	۲۱.۶	۲۵.۴	۳۱.۴	۴۲.۴	۷۰.۷	۲
۶.۹	۸.۷	۱۲.۱	۱۴.۰	۱۵.۳	۱۶.۹	۱۸.۸	۲۱.۳	۲۳.۵	۲۶.۴	۳۰.۶	۳۶.۱	۴۴.۱	۵۷.۱	۷۵.۳	۱۲۰.۹	۵
۸.۳	۱۰.۷	۱۵.۲	۱۷.۸	۱۹.۵	۲۱.۷	۲۴.۴	۲۷.۹	۳۰.۶	۳۴.۲	۳۹.۶	۴۶.۶	۵۷.۰	۷۳.۹	۹۶.۴	۱۵۲.۱	۱۰
۱۰.۰	۱۳.۱	۱۹.۱	۲۲.۶	۲۴.۹	۲۷.۷	۳۱.۴	۳۶.۱	۳۹.۵	۴۴.۱	۵۰.۹	۶۰.۰	۷۳.۴	۹۵.۱	۱۲۳.۱	۱۹۱.۵	۲۵
۱۱.۴	۱۴.۹	۲۱.۹	۲۶.۱	۲۸.۸	۳۲.۲	۳۶.۶	۴۲.۳	۴۶.۲	۵۱.۵	۵۹.۳	۶۹.۹	۸۵.۵	۱۱۰.۸	۱۴۲.۹	۲۲۰.۸	۵۰
۱۲.۵	۱۶.۴	۲۴.۰	۲۸.۶	۳۱.۶	۳۵.۳	۴۰.۱	۴۸.۴	۵۲.۸	۵۸.۸	۶۷.۶	۷۹.۷	۹۷.۵	۱۲۶.۴	۱۶۲.۵	۲۴۹.۷	۱۰۰

۶-۳- تجزیه و تحلیل ضرایب رواناب

هرگاه شدت بارندگی از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد بخشی از بارندگی به صورت رواناب سطحی در خواهد آمد. با توجه به اینکه خصوصیات فیزیکی یک حوضه آبریز نسبتاً ثابت است، بین بارندگی و رواناب رابطه مستقیمی وجود دارد. رابطه بین بارندگی و رواناب را می توان به طرق مختلف به دست آورد. در حوضه هایی که امکان اندازه گیری دبی وجود داشته باشد با رسم ارتفاع بارندگی و ارتفاع رواناب حاصل، معادله خط همبستگی محاسبه می گردد. ساده ترین روش برای تخمین حجم (یا ارتفاع) رواناب و یا شدت جریان سطحی استفاده از فرمول استدلالی (منطقی) است. این روش در واقع تخمین رواناب بصورت درصدی از بارندگی است:

$$Q=C.P \quad (۶-۲)$$

که در آن:

P = مقدار بارندگی بر حسب سانتیمتر

Q = ارتفاع رواناب بر حسب سانتیمتر

C = ضریب رواناب که از جدول (۶-۱۶) بدست می آید.

حال چنانچه بارانی با شدت ثابت I روی حوضه بیارد و مساحت حوضه A باشد و مدت بارندگی نیز از زمان تمرکز حوضه بیشتر یا مساوی آن باشد، حداکثر دبی رواناب بصورت زیر خواهد بود:

$$Q_p=0.278CIA \quad (۶-۳)$$

که A مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع، I شدت بارندگی بر حسب میلیمتر بر ساعت، Q_p حداکثر دبی لحظه ای رواناب بر حسب متر مکعب بر ثانیه و C ضریب رواناب (بدون بعد) است. با وجودی که انتقاداتی بر کفایت روش استدلالی برای تخمین ارتفاع یا شدت جریان سطحی شده است، اما این روش بطور گسترده ای در سطح جهان در طراحی ابنیه هیدرولیکی و مسائل هیدرولوژیکی استفاده می شود که علت آن ساده و استدلالی بودن روش منطقی است [۳۲،۳۶].

ضریب رواناب (C) کم دقت ترین متغیر روش استدلالی می باشد. استفاده آن در فرمولهای (۲-۶) و (۳-۶) به این معنی است که نسبت بین رواناب و بارندگی در یک حوضه آبخیز ثابت است، که در واقعیت این گونه نیست. انتخاب مناسب این ضریب به قضاوت و تجربه هیدرولوژیست بستگی دارد. در تخمین این ضریب باید به کلیه خصوصیات بارندگی و حوضه آبخیز توجه نمود.

یکی از مواردی که فرمولهای (۲-۶) و (۳-۶) در نظر نمی گیرد، مسأله فراوانی بارندگی و متناسب با آن فراوانی رواناب سطحی حاصل است. برای رفع این نقیصه، روش استدلالی- احتمالی ابداع شده است [۳۴،۳۵،۳۶،۳۷] که بصورت زیر بیان می گردد:

$$Q(y)=F.C(y).I(t_c,y).A \quad (۴-۶)$$

که در آن F ضریب تبدیل واحدها، y دوره برگشت، t_c زمان تمرکز حوضه آبخیز، I شدت بارندگی، با تداومی برابر با زمان تمرکز حوضه، A مساحت حوضه آبخیز و Q نیز دبی حداکثر لحظه ای رواناب می باشد. با جایگذاری مقادیر شدت بارشی که تداوم آن معادل زمان تمرکز حوضه آبخیز مورد نظر باشد، دبی مربوطه، مساحت حوضه و ضریب تبدیل واحدها، مقدار عددی ضریب رواناب [C(y)] محاسبه می گردد. حال اگر مقادیر دبی و شدت بارندگی را به ازای دوره های برگشت مختلف جایگزین کنیم، ضرایب رواناب به ازای دوره های برگشت مختلف می گردد. چنین ضرایبی می توانند در ایمنی و توجیه اقتصادی طرحهای هیدرولیکی یا هیدرولوژیکی مؤثر باشند.

جدول (۶-۱۷) ضرایب رواناب با دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال را برای ۲۹ زیر حوضه منطقه طرح نشان می دهد. در تمام ایستگاهها، با افزایش دوره برگشت، مقدار ضریب رواناب افزایش می یابد. با توجه به جدول (۶-۱۷)، ملاحظه می گردد که برای تمام دوره های برگشت، ایستگاه سنگ ورزش بر روی رودخانه گرمابدشت و ایستگاه نوده بر روی رودخانه خرمالو به دلیل مقادیر دبی کم که در جداول (۶-۳) و (۶-۴) و نیز شدت بارندگی ناچیز که در ایستگاه فاضل آباد (جدول ۶-۸) آمده، دارای کمترین مقدار ضریب رواناب است. ایستگاه کلار آباد که بر روی رودخانه پلنگ آبرود واقع شده دارای بیشترین مقدار ضریب رواناب است، چونکه دارای مساحت کم (19Km^2) می باشد. ایستگاه کسلیان بر روی رودخانه شیرگاه دارای ضریب

رواناب در حد میانگین سایر ایستگاهها می باشد که دلیل این امر، بالا بودن ارقام دبی، پایین بودن شدت بارندگی و نیز بالا بودن زمان تمرکز می باشد.

حال می توان گفت که با مشاهده خصوصیات حوضه های آبخیز، شدتهای بارندگی در این ایستگاهها و نیز مساحت آنها، بالا یا پایین بودن ضرایب رواناب قابل توجیه است.

شکل (۱-۶) رابطه بین ضریب رواناب با دوره برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال را برای سه ایستگاه فوق نشان می دهد. از این شکل دیده می شود که رابطه بین مقدار ضریب رواناب و دوره برگشت برای ایستگاه سنگ ورزش کاملاً خطی بوده در حالیکه این رابطه برای ایستگاه کلارآباد بصورت منحنی می باشد. به کمک نرم افزار کامپیوتری سورفر^۱ خطوط هم ضریب رواناب (C) در محدوده طرح مورد مطالعه (بخش مرکزی و شرقی حوضه آبریز شماره یک ایران) رسم شد.

محدوده مورد مطالعه همراه با موقعیت ایستگاههای آب سنجی و باران سنجی در شکل (۲-۶) آورده شده است. شکلهای (۳-۶) تا (۸-۶) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال را نشان می دهند. با کمک این شکلها می توان ضرایب رواناب هر منطقه در محدوده طرح را با روش میان یابی^۲ تعیین کرد. این ضرایب در طرحهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی برای محاسبه دبی طرح مورد استفاده واقع می شوند. همانطوریکه در شکلها مشاهده می گردد تراکم خطوط در ناحیه غرب محدوده، بیشتر است چون تغییرات پتانسیل آبدهی حوضه ها در این ناحیه بیشتر می باشد.

^۱ - Surfer

^۲ - Interpolation

جدول (۶-۱۳) مقادیر آبدهی متوسط و ضریب جریان در محل ایستگاههای آبنجی و نقاط مورد نظر

ردیف	رودخانه	ایستگاه	وسعت حوضه آبریز Km ²	آبدهی سالانه m ³ /sec	آبدهی ویژه Lit/sec/Km ²	ریزش حوضه آبریز mm	ضریب جریان %	ملاحظات روش برآورد
۱	تبارک	تبارک	۵۴۰,۰۰	۰,۹۰	۱,۶۷	۳۸۲,۷	۱۳,۷	
۲	اترک	هی هی	۹۰۰,۳۰	۱,۵۶	۱,۷۴	۳۷۲,۳	۱۴,۷	
۳	اسفنجیر	اسفنجیر	۲۷۳,۵۰	۰,۷۹	۲,۹۰	۳۵۰	۲۶,۲	
۴	چری	چری	۶۷,۲۰	۰,۳۶	۵,۳۱	۴۰۰	۴۱,۹	
۵	تنسوان	چلو شیروان	۳۸۰,۴۰	۰,۹۶	۲,۵۲	۳۶۹,۱	۲۱,۵	
۶	قلجق	بارزو	۴۷۹,۸۰	۱,۴۵	۳,۰۲	۳۶۸,۵	۲۵,۹	
۷	اترک	رضا آباد	۵۵۳۵,۰۰	۴,۱۹	۰,۷۶	۳۴۸,۸	۶,۸	
۸	اترک	قره خانبندی	۵۸۵۰,۰۰	۴,۵۴	۰,۷۸	۳۴۵,۲	۷,۱	
۹	چناران	چهارخروار	۲۷۰,۲۰	۰,۷۹	۲,۹۲	۳۶۲	۲۵,۴	
۱۰	فیروزه	فیروزه	۲۵۸,۶۰	۰,۷۷	۲,۹۷	۳۷۲	۲۵,۲	
۱۱	بش فارداش	داش چشمه	۲۵۵,۳۰	۰,۷۶	۲,۹۹	۲۵۶,۹	۲۶,۷	
۱۲	چناران	بابامان	۱۲۳۰,۱۰	۱,۳۹	۱,۱۳	۳۲۸,۵	۱۰,۸	
۱۳	قزلقان	نجف آباد	۵۸۵,۰۰	۱,۲۲	۲,۰۹	۲۷۳,۱	۲۴,۲	
۱۴	بدرانلو	کیکانلو	۳۰۰,۲۰	۰,۸۴	۲,۷۹	۳۰۳,۸	۲۸,۹	
۱۵	شیرین دره	قتلیش	۱۴۷۰,۷۰	۱,۱۱	۰,۷۵	۳۰۷,۹	۷,۷	
۱۶	شیرین دره	قلعه بربر	۱۵۴۷,۰۰	۲,۲۰	۱,۴۲	۳۰۳,۴	۱۴,۸	
۱۷	شیرآباد	شیرآباد	۱۷۳,۸۰	۰,۹۱	۵,۲۴	۴۵۵,۷	۳۶,۲	
۱۸	درکش	درکش	۱۰۰,۹۰	۰,۵۱	۵,۰۵	۴۵۰	۳۵,۴	
۱۹	سملقان	دریند	۱۱۰۰,۰۰	۰,۹۴	۰,۸۵	۴۳۰,۸	۶,۳	
۲۰	اترک	اغمزار	۱۱۶۵۰,۰۰	۷,۱۹	۰,۶۲	۳۱۹,۲	۶,۱	
۲۱	کال ایمانی	کال ایمانی	۴۴۴,۲۰	۱,۰۵	۲,۳۶	۲۷۰	۲۷,۵	
۲۲	گرماب	قره نالو	۱۲۶۶,۹۰	۱,۹۰	۱,۵۰	۳۱۸,۵	۱۴,۹	
۲۳	گرماب	گرماب	۷۹۴,۳۰	۱,۴۶	۱,۸۳	۳۲۶,۵	۱۷,۷	
۲۴	خرتوت	خرتوت	۱۳۱۳,۵۰	۱,۹۴	۱,۴۸	۲۸۱,۲	۱۶,۶	
۲۵	اترک	فازانقایه	۱۶۵۴۰,۰۰	۹,۹۰	۰,۶۰	۳۱۹,۶	۵,۹	
۲۶	اترک	مراوه تپه	۱۷۰,۸۵	۱۰,۱۰	۵۹,۱۲	۳۱۸,۹	۵,۸	
۲۷	اترک	هوتن	۱۸۸۰,۶۹۰	۱۰,۶۰	۰,۵۶	۳۱۸,۳	۵,۶	
۲۸	سومبار	قره قانلو	۱۰۸۵,۴۰	۱,۷۴	۱,۶۰	۳۱۱,۱	۱۶,۳	
۲۹	؟؟؟	ایرقایه	۸۵۰,۰۰	۱,۵۱	۱,۷۸	۲۹۷	۱۸,۹	
۳۰	کال ماسن	کال ماسن	۴۴۱,۱۰	۱,۰۴	۲,۳۶	۳۱۸,۶	۲۳,۴	

* اعداد برآورد شده اند.

- آبدهی سالانه ایستگاههای قتلیش و قلعه بربر از طریق نسبتها برآورد شده اند.

جدول (۶-۱۴) برآورد ضریب جریان، دبی ویژه و ارتفاع رواناب در محل ایستگاههای آبنجی استان گلستان

ارتفاع رواناب (mm)	دبی ویژه (Lit/sec/Km ²)	ضریب جریان (درصد)	آبدهی سالیانه (MCM)	حجم بارش دریافتی (MCM)	متوسط بارش (mm)	وسعت (Km ²)	نام ایستگاه	نام رودخانه	نام و کد زیرحوضه
۲۷۳,۷	۸,۶۸	۴۱,۳	۸۲,۸	۱۷۶,۱	۶۶۲	۲۶۶	لزوره	چهل چای	قره سو- گرگان
۴۳۷,۵	۱۳,۸۷	۵۶,۱	۷۰,۰	۱۲۴,۸	۷۸۰	۱۶۰	پس پشته	نرماب	
۹۱,۱	۲,۸۹	۲۱,۸	۷۶,۹	۳۵۲,۸	۴۱۸	۸۴۴	نوده	خرمالو	
۱۴۱,۹	۴,۵۰	۲۲,۲	۱۹۸,۷	۸۹۶,۰	۶۴۰	۱۴۰۰	اراز کوسه	قره سو	
۶۷,۰	۲,۱۲	۱۳,۵	۴۷۳,۰	۳۴۹۵,۷	۴۹۵	۷۰۶۲	قزاقلی	گرگانرود	
۱۷۳,۱	۵,۴۹	۲۳,۳	۴۵,۷	۱۹۵,۹	۷۴۲	۲۶۴	رامیان	قره چای	
۴۷,۳	۱,۵۰	۹,۶	۳۵۵,۱	۳۶۹۷,۵	۴۹۳	۷۵۰۰	خروجی سد	گرگانرود	
۲۱۷,۳	۶,۸۹	۳۱,۸	۷۲,۸	۲۲۹,۱	۶۸۴	۳۳۵	زرین گل	زرین گل	
۷۸,۷	۲,۴۹	۱۴,۰	۱۳۵,۳	۹۶۳,۲	۵۶۰	۱۷۲۰	سالیان تپه	قره سو	
۱۱۹,۰	۳,۷۷	۱۸,۰	۴۵,۷	۲۵۳,۴	۶۶۰	۳۸۴	سرمو	محمد آباد	
۱۱۴,۲	۳,۶۲	۱۴,۶	۱۲,۹	۸۸,۱	۷۸۰	۱۱۳	تقی آباد	جعفر آباد	
۵۴,۳	۱,۸۳	-	۵۴۸,۷	-	-	۱۰۱۱۰	آق قلا	گرگانرود	

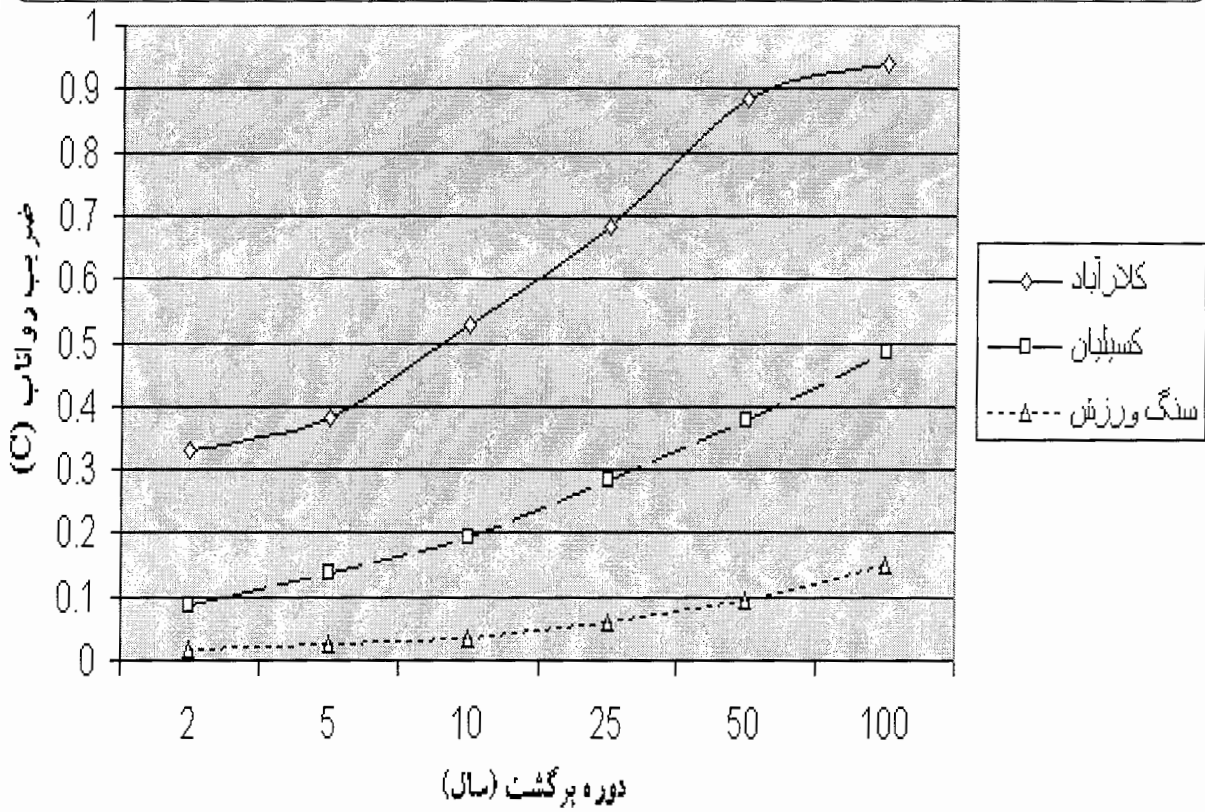
جدول (۶-۱۵) مقادیر ضریب C برای استفاده در فرمول استدلالی [۱۸]

شیب زمین			نوع پوشش گیاهی
۱۰-۳۰٪	۵-۱۰٪	۰-۵٪	
۰,۲۲	۰,۱۶	۰,۱	اراضی مرتعی: خاک شنی لومی خاک رسی و سیلت لومی خاک رسی سنگین
۰,۴۲	۰,۳۶	۰,۳	اراضی جنگلی: خاک شنی لومی خاک رسی و سیلت لومی خاک رسی سنگین
۰,۶۰	۰,۵۵	۰,۴	اراضی کشاورزی: خاک شنی لومی خاک رسی و سیلت لومی خاک رسی سنگین
۰,۳	۰,۲۵	۰,۱	اراضی شهری: ۳۰٪ آسفالت ۵۰٪ آسفالت ۷۰٪ آسفالت
۰,۵	۰,۳۵	۰,۳	
۰,۶	۰,۵۰	۰,۴	
۰,۵۲	۰,۴	۰,۳	
۰,۷۲	۰,۶	۰,۵	
۰,۸۲	۰,۷	۰,۶	
	۰,۵	۰,۴	
	۰,۶۵	۰,۵۵	
	۰,۸	۰,۶۵	

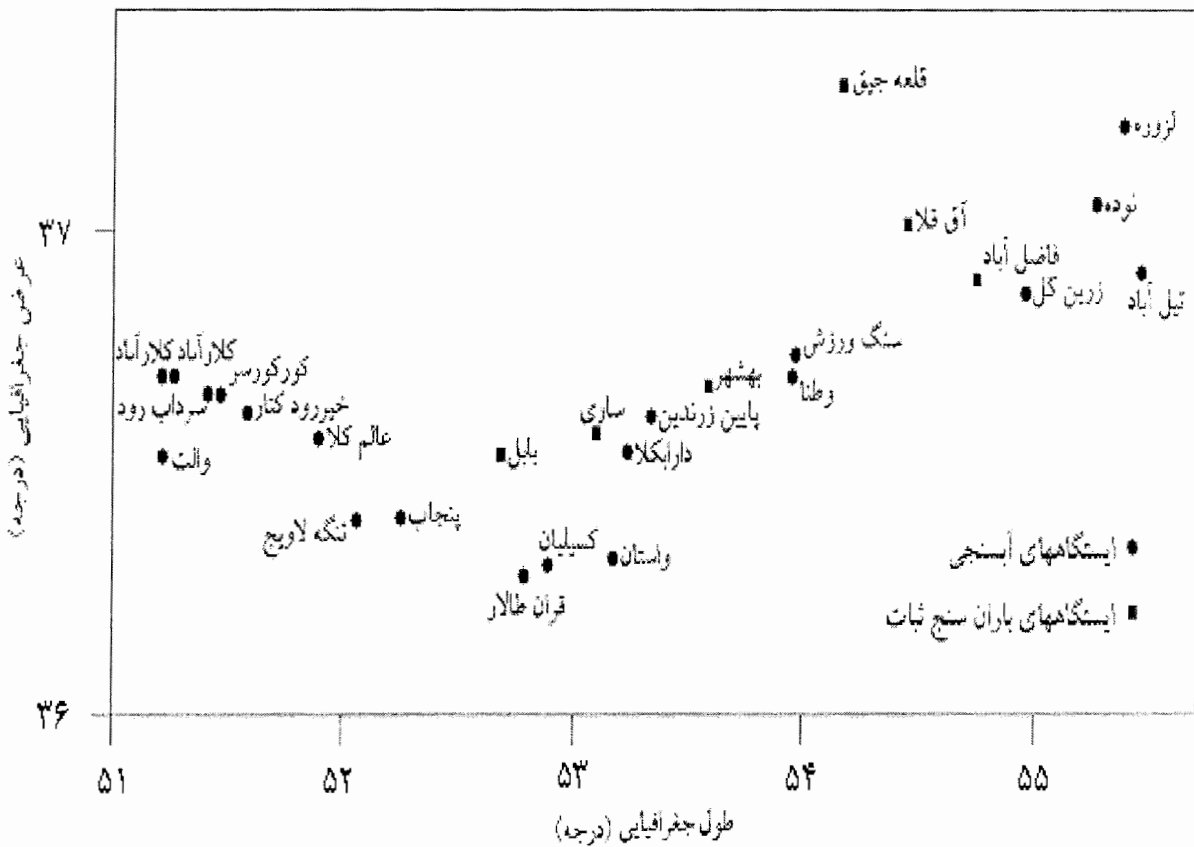
فصل ششم - نتایج و بحث

جدول (۶-۱۶) ضرایب رواناب با دوره های بازگشت مختلف برای زیرحوضه های مختلف منطقه مورد تحقیق

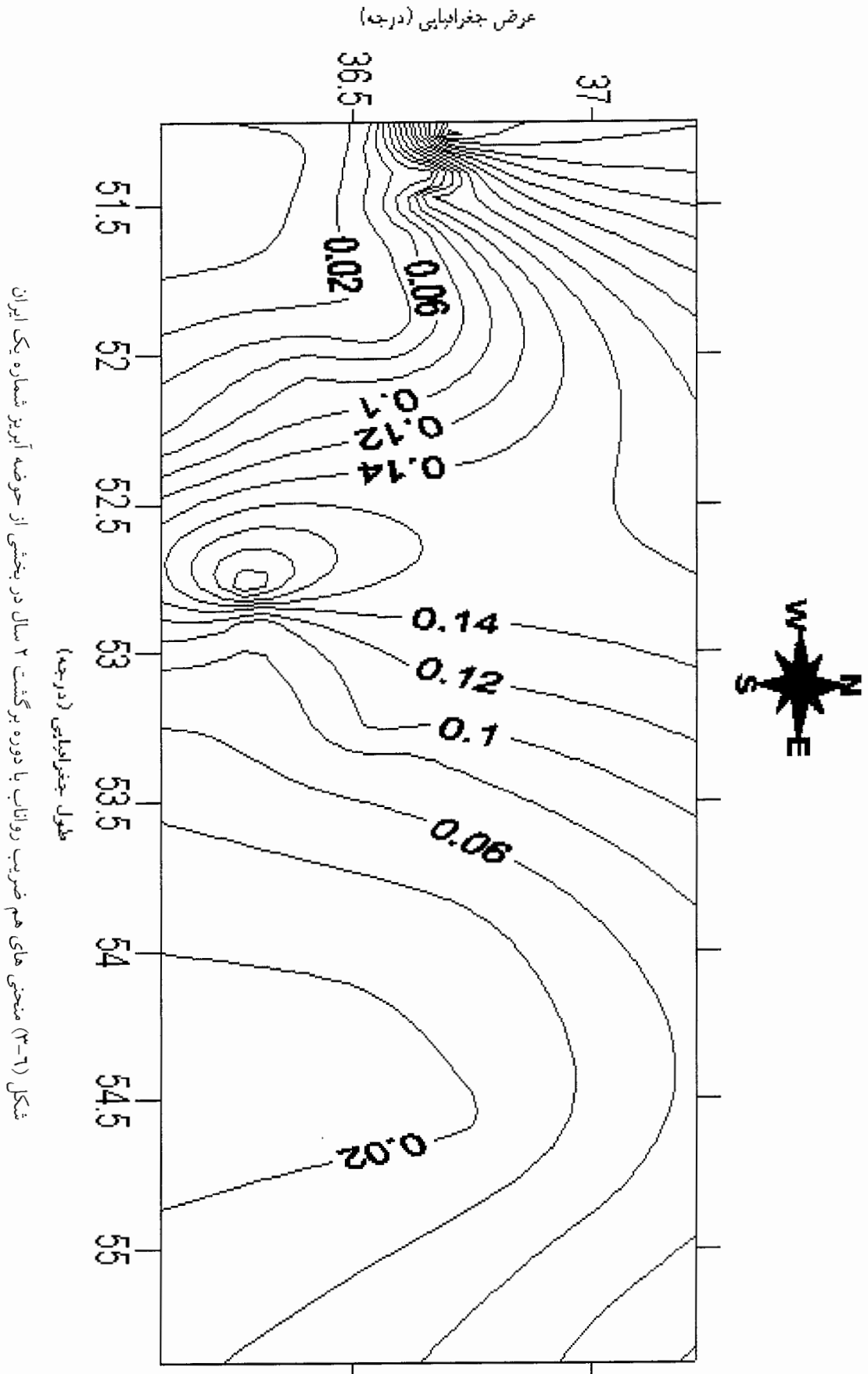
ردیف	نام رودخانه	نام ایستگاه	C(2)	C(5)	C(10)	C(25)	C(50)	C(100)
۱	سرداب رود	والت	۰,۰۲۸	۰,۰۴۶	۰,۰۶۷	۰,۱۱۲	۰,۱۶۷	۰,۲۴۷
۲	پلنگ آبرود	کلارآباد	۰,۳۳۱	۰,۳۸۴	۰,۵۳	۰,۶۸۱	۰,۸۸۶	۰,۹۴۲
۳	اسبه رود	کلارآباد	۰,۳۶۷	۰,۳۹	۰,۵۵	۰,۶۲	۰,۷۴	۰,۸۸
۴	سرداب رود	سرداب رود	۰,۰۴۸	۰,۰۶۲	۰,۰۷۵	۰,۱۶	۰,۱۳۶	۰,۱۷۵
۵	کورکورسر	کورکورسر	۰,۱۷۴	۰,۲۱	۰,۲۳۷	۰,۲۷۱	۰,۲۹۷	۰,۳۲۶
۶	خیر رود	خیر رود کنار	۰,۰۶۵	۰,۰۷۱	۰,۰۷۹	۰,۰۹۲	۰,۱	۰,۱۴۴
۷	کنس رود	علم کلا	۰,۰۲۲	۰,۰۴۲	۰,۰۵۹	۰,۰۸۸	۰,۱۱۵	۰,۱۴۶
۸	لاویج	تنگه لاویج	۰,۰۷۷	۰,۱۱۳	۰,۱۴۱	۰,۱۷۹	۰,۲۰۹	۰,۲۴۳
۹	نمارستاق	پنجاب	۰,۰۵۵	۰,۰۸	۰,۱۰۳	۰,۱۴	۰,۱۷۶	۰,۲۱۸
۱۰	بابل رود	قران طالار	۰,۲۴۲	۰,۲۸۴	۰,۳	۰,۳۱۵	۰,۳۲۳	۰,۳۲۹
۱۱	شیرگاه	کسیلیان	۰,۰۸۴	۰,۱۳۹	۰,۱۹۳	۰,۲۸۵	۰,۳۷۸	۰,۴۸۷
۱۲	لاجیم	واستاق	۰,۰۷۱	۰,۰۹۱	۰,۱	۰,۱۰۴	۰,۱۱۱	۰,۱۳۹
۱۳	دارابکلا	دارابکلا	۰,۱۰۷	۰,۱۴۸	۰,۲۱۵	۰,۳۵۴	۰,۵۷۲	۰,۸۸۷
۱۴	نکا	پایین زرندين	۰,۰۷۹	۰,۰۹۳	۰,۱۱	۰,۱۲۷	۰,۱۴۷	۰,۱۸۷
۱۵	گز	وطنا	۰,۰۳۰	۰,۰۵۲	۰,۰۶۶	۰,۱۰۵	۰,۱۸۸	۰,۳۶۹
۱۶	گرمابدشت	سنگ ورزش	۰,۰۱۷	۰,۰۲۴	۰,۰۳۶	۰,۰۶۱	۰,۰۹۵	۰,۱۴۹
۱۷	سرمه رود	زرین گل	۰,۰۵۶	۰,۰۶۳	۰,۰۷۵	۰,۰۹۵	۰,۱۱۶	۰,۱۴۱
۱۸	چهل چای	لزوره	۰,۱۰۳	۰,۱۳۵	۰,۱۷۳	۰,۲۴۱	۰,۳۰۸	۰,۳۹۴
۱۹	اوغان	گالیکش	۰,۰۲	۰,۰۳۲	۰,۰۳۹	۰,۰۵۸	۰,۰۸۱	۰,۱۱
۲۰	گرگانرود	فاضل آباد	۰,۰۲۸	۰,۰۴۵	۰,۰۶۳	۰,۰۹۵	۰,۱۳	۰,۱۷
۲۱	گرگانرود	آق قلا	۰,۰۶	۰,۰۸۹	۰,۱۱۶	۰,۱۵۸	۰,۱۹۸	۰,۱۴۷
۲۲	گرگان رود	تمر	۰,۰۸۸	۰,۰۱۶	۰,۰۲۳	۰,۰۶۲	۰,۰۴۹	۰,۰۶۳
۲۳	نرماب	پس پشته	۰,۰۴۶	۰,۰۶	۰,۰۷۱	۰,۰۷۲	۰,۰۱	۰,۰۱۱۴
۲۴	قره سو	اراز کوسه	۰,۰۹۷	۰,۰۱	۰,۱۰۴	۰,۱۲۱	۰,۱۱۷	۰,۱۵۷
۲۵	خرمالو	نوده	۰,۰۱	۰,۰۱۳	۰,۰۱۶	۰,۰۲۱	۰,۰۲۵	۰,۰۲۹
۲۶	قره چای	رامیان	۰,۰۴۴	۰,۰۷۶	۰,۰۹۸	۰,۱۳۹	۰,۱۷۴	۰,۲۲۲
۲۷	قلی تپه	قلی تپه	۰,۰۲۶	۰,۰۴۱	۰,۰۴۸	۰,۰۵۶	۰,۰۵۹	۰,۰۶۲
۲۸	قوشه دگرمان		۰,۰۹۳	۰,۱۵	۰,۱۸۶	۰,۲۱۵	۰,۲۶	۰,۲۹۱
۲۹	کالپوش		۰,۱۰۲	۰,۱۸۲	۰,۲۲۳	۰,۲۶۳	۰,۳۲۲	۰,۳۵۷

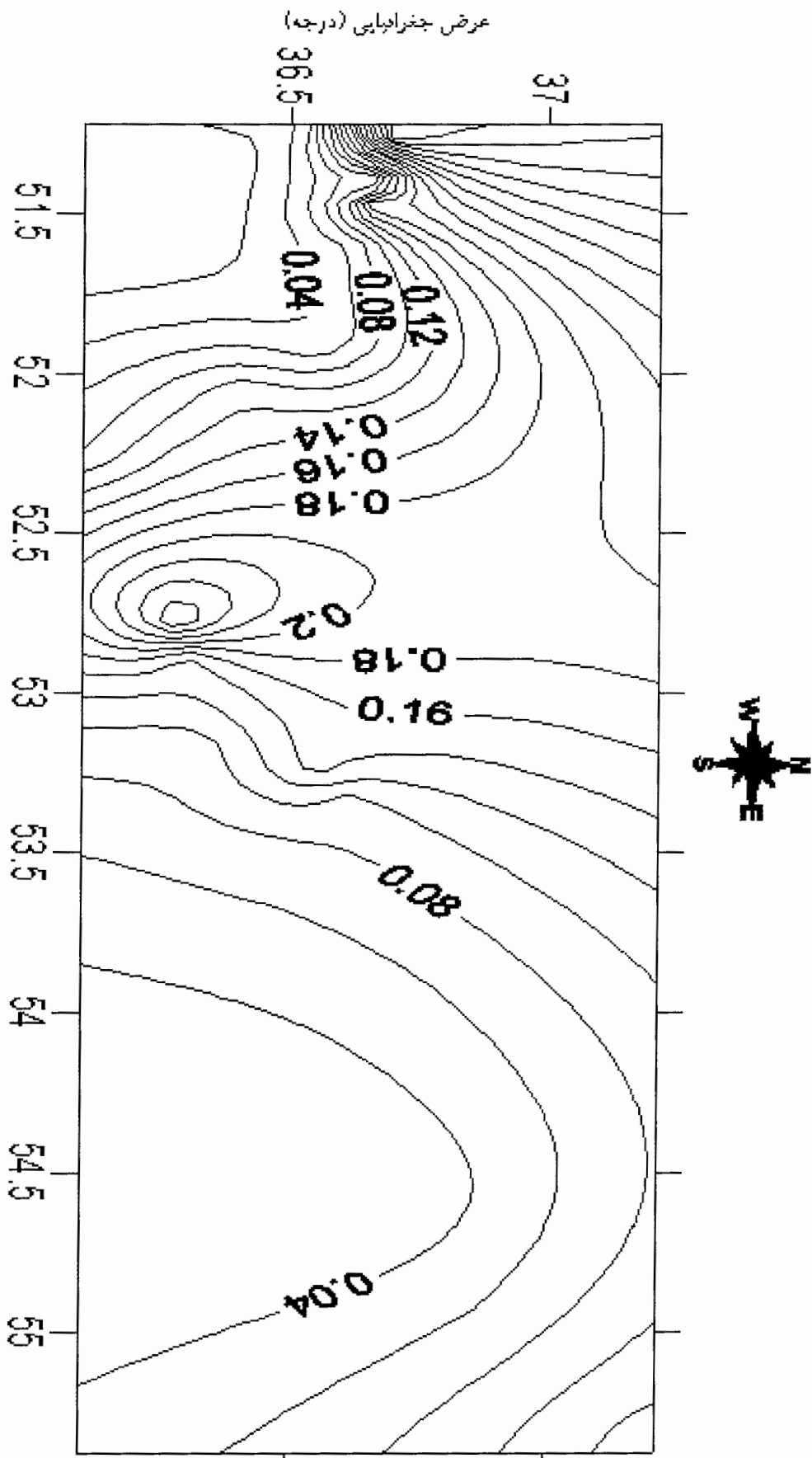


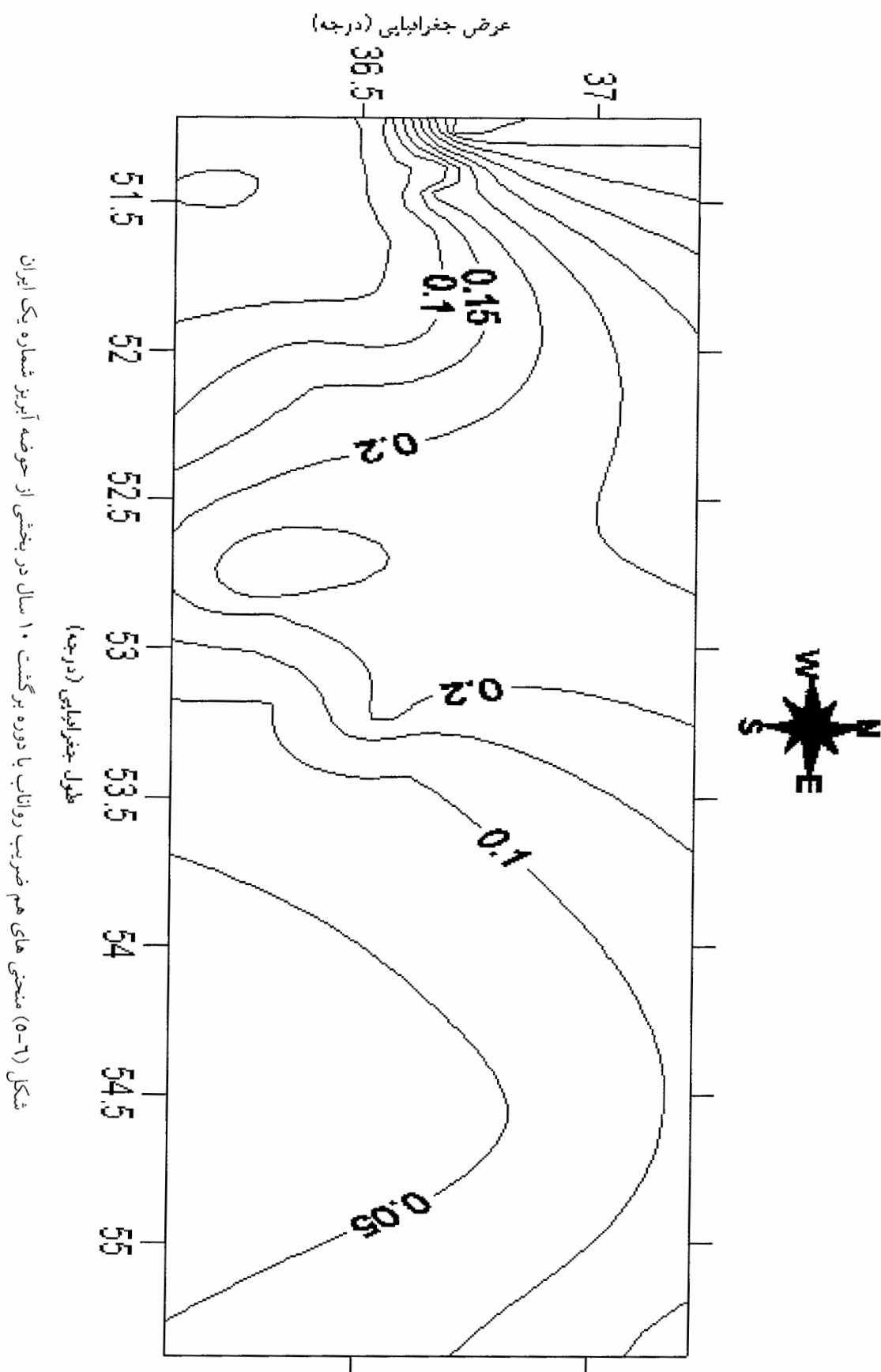
شکل (۱-۶) مقایسه بین ضرایب رواب سه ایستگاه سنگ و رزش، کسیلیان و کلارآباد

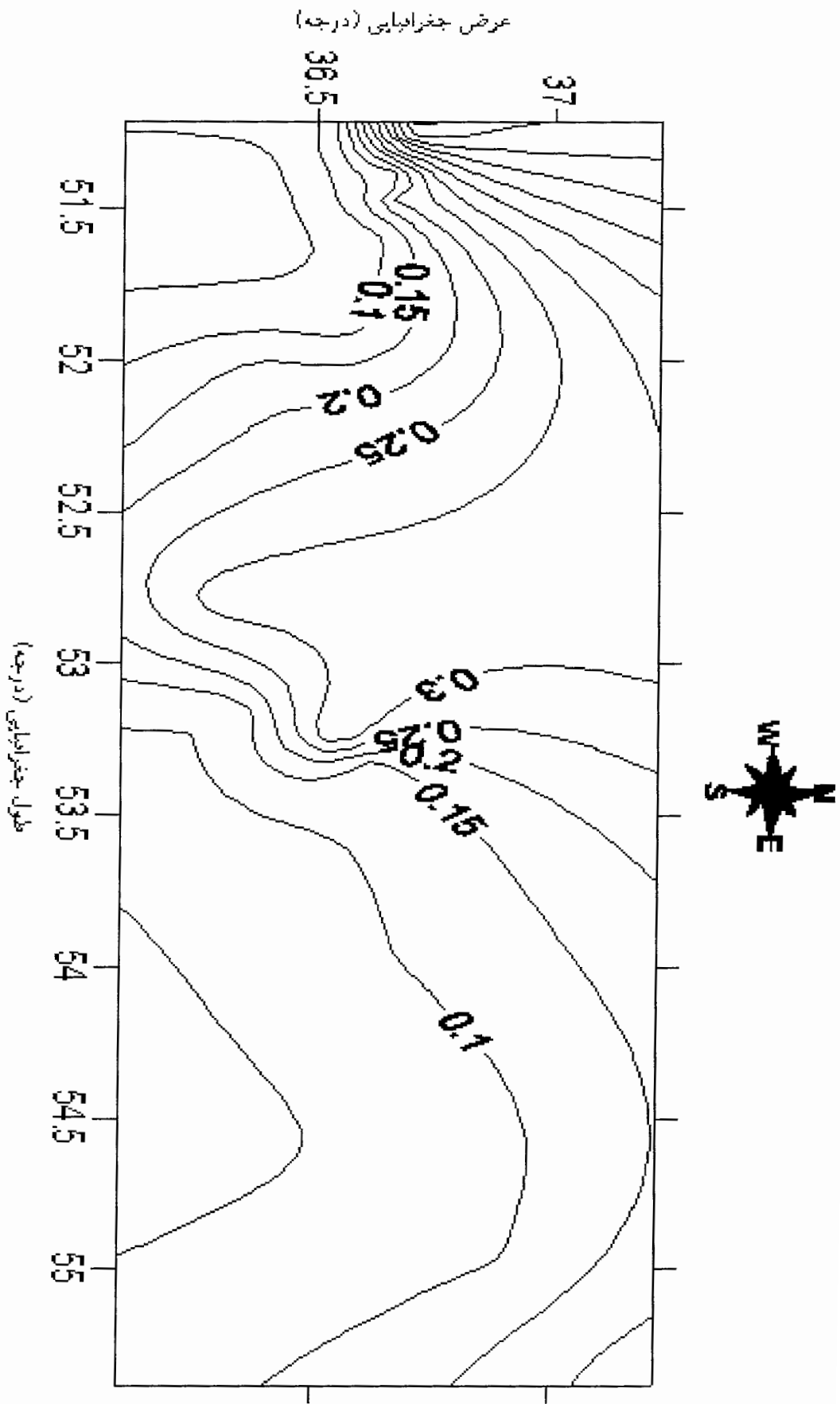


شکل (۲-۶) موقعیت ایستگاههای آبسنجی و ثابت بارندگی منطقه مورد مطالعه

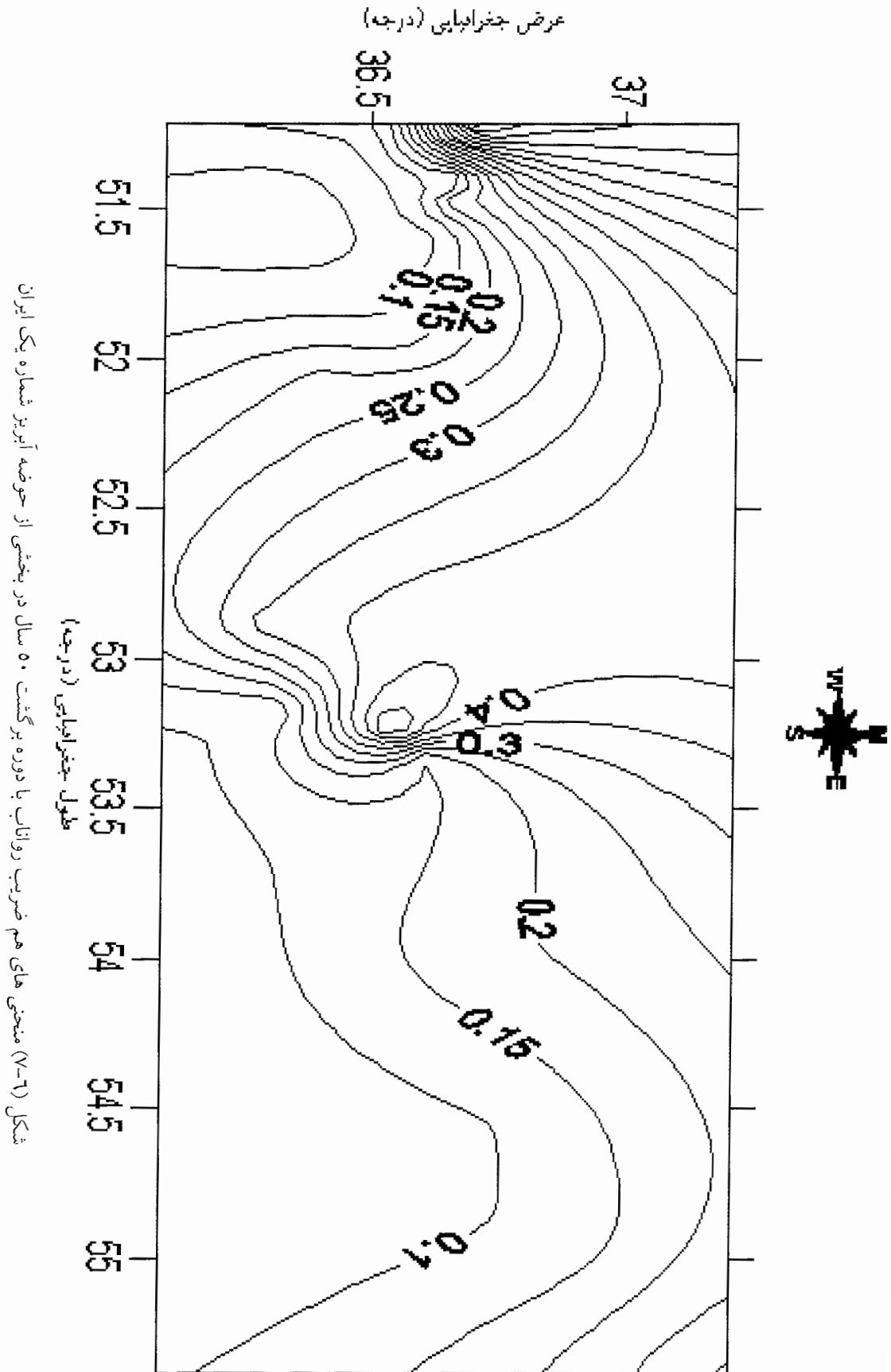


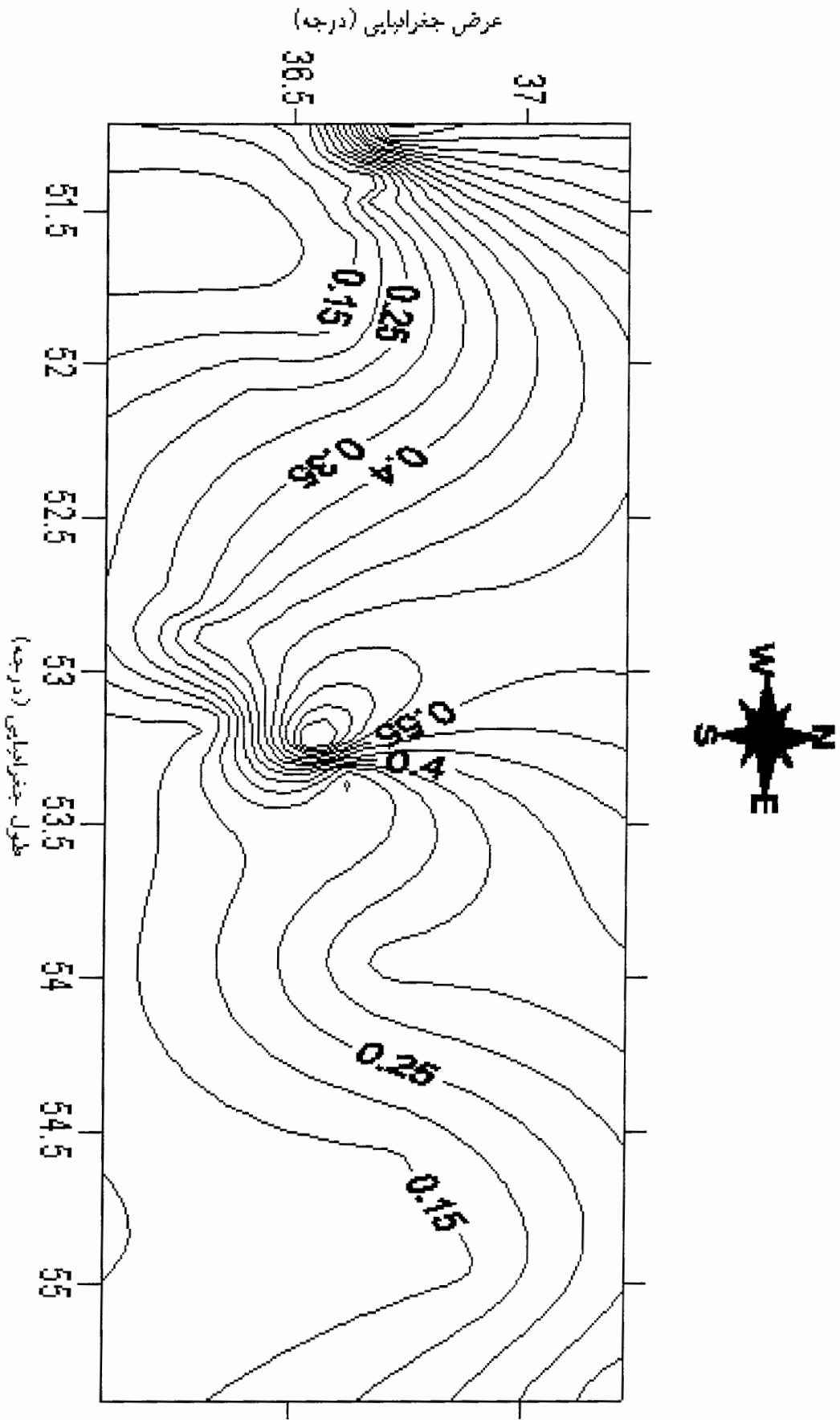






شکل (1-1) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره برگشت ۲۵ سال در بخشی از حوضه آبریز شماره یک ایران





شکل (۸-۶) منحنی های هم ضریب رواناب با دوره برگشت ۱۰۰ سال در بخشی از حوضه آبریز شماره یک ایران

۶-۴- بررسی منابع خطا

در هر طرح هیدرولیکی ممکن است با خطاهای زیر روبرو شویم:

الف) خطا در قرائت و یادداشت کردن دستگاه لیمنوگراف
ب) خطا در قرائت دستگاه ثبات بارندگی و نیز تبدیل کردن نمودار حاصل از دستگاه به عدد قابل استفاده در طراحی

ت) خطا در اندازه گیری مساحت حوضه آبخیز و برآورد زمان تمرکز حوضه
ث) کوتاه بودن طول دوره آماری

ج) مشترک نبودن دوره آماری دبی و شدت بارندگی

ح) فواصل موجود و اختلاف ارتفاع بین ایستگاههای ثبات بارندگی و ثبات دبی

خ) خطا در رابطه دوره های برگشت مختلف چون که با افزایش دوره برگشت خطای تخمین افزایش می یابد.

د) تغییرات دما، فشار و بارندگی در محدوده طرح

ذ) کمبود ایستگاههای آب سنجی و باران سنجی ثبات و عدم توزیع یکنواخت آنها در منطقه

ر) خطا در قبول فرضیات روش استدلالی

حال با توجه به خطاهای ذکر شده، نرم افزار SURFER با رسم منحنی های هم ضریب رواناب مقداری از این خطاها سر شکن می کند. ولی در نهایت روش استدلالی - احتمالی مقادیر ضرایب رواناب را نسبت به جدول تجربی چاو^۱ [۲۹] کمتر و دقیق تر نشان می دهد.

جدول (۲-۱۰) که توسط مهندسین مشاور و سایر دستگاههای اجرایی در سطح جهان بطور گسترده ای در طرحهای مطالعاتی و اجرایی استفاده می گردد برای آستین^۲ تگزاس^۳ در آمریکا تهیه شده است. در این جدول کمترین مقدار ضریب رواناب ۰,۲ گزارش شده، در حالیکه در جدول (۶-۱۷) ضریب رواناب با دوره برگشت ۲ سال حدود ۰,۰۱۷ بدست آمده است. این تفاوت عددی در ضرایب رواناب، بیانگر این نکته مهم است که در هر منطقه بابد ضرایب رواناب خاص آن منطقه و با سطح احتمال مورد نظر تهیه شده و مورد استفاده طراحان پروژه ها قرار گیرد. استفاده از جدول چاو [۲۹] و یا سایر محققین قطعاً خطاهایی را در برخواهد داشت که گاه هزینه پروژه ها را چندین برابر افزایش می دهد و یا خطراتی را در مورد تخمین های نادرست از مقدار حداکثر دبی لحظه ای، در پی خواهد داشت.

^۱ - Chow
^۲ - Austin
^۳ - Texas

۶-۵- بررسی اعتبار طرح

مقدار خطا را می توان از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$E = \frac{|Q_o - Q_c|}{Q_o} \times 100 \quad (۶-۵)$$

که در آن:

E = درصد خطا

Q_o = مقدار دبی مشاهده شده

Q_c = مقدار دبی محاسبه شده

برای دبی های محاسبه شده از دو روش استدلالی- احتمالی و چاو استفاده شد که با مقایسه این دو روش مقدار درصد خطای آنها با مقدار دبی مشاهده شده، بدست آمده است. این محاسبات برای ۳ ایستگاه انجام گردیده است که عبارتند از:

الف- ایستگاه تقی آباد بر روی رودخانه جعفر آباد، با مساحت حوضه ۱۰۸ کیلومترمربع، زمان تمرکز ۱ ساعت و ۳۰ دقیقه و شیب حوضه ۱۲ درصد طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه قرار دارد. محاسبات این ایستگاه در جدول (۶-۱۲) آورده شده است.

ب- ایستگاه امامزاده (گرگان) بر روی رودخانه قرن آباد، مساحت حوضه ۷۳ کیلومتر مربع، زمان تمرکز ۵۱ دقیقه و شیب حوضه ۱۹ درصد که در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه قرار دارد. نتایج در جدول (۶-۱۳) آورده شده است.

ج- ایستگاه شیرآباد بر روی رودخانه سیاهرود، با مساحت حوضه ۹۰,۵ کیلومتر مربع، زمان تمرکز ۲۱ دقیقه و شیب حوضه ۱۴ درصد که در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه واقع شده است. نتایج این ایستگاه در جدول (۶-۱۴) ارائه شده است.

حال نتایج این ۳ ایستگاه در شکل های (۶-۹) تا (۶-۱۱) مشخص شده اند. با توجه به این شکل ها، واضح است که روش استدلالی- احتمالی دبی محاسبه شده را خیلی کمتر از روش چاو محاسبه می کند، که این موضوع در سه منحنی به وضوح دیده می شود. در شکل های (۶-۹) و (۶-۱۱) اختلاف دو روش نسبتاً

فصل ششم - نتایج و بحث

کم است ولی در شکل (۶-۱۰) اختلاف بین دو روش زیاد شده است که این اختلاف ناشی از تخمین نسبتاً زیاد ضریب رواناب می باشد.

رهرو [۱۲] در حوضه آبریز جنوب اصفهان، ضرایب رواناب را از روش منطقی بدست آورد. ضرایب بدست آمده نسبت به ضرایب تجربی چاو از مقدار کمتری برخوردار بود.

جدول (۶-۱۷) نتایج مربوط به محاسبات ایستگاه تقی آباد بر روی رودخانه جعفر آباد

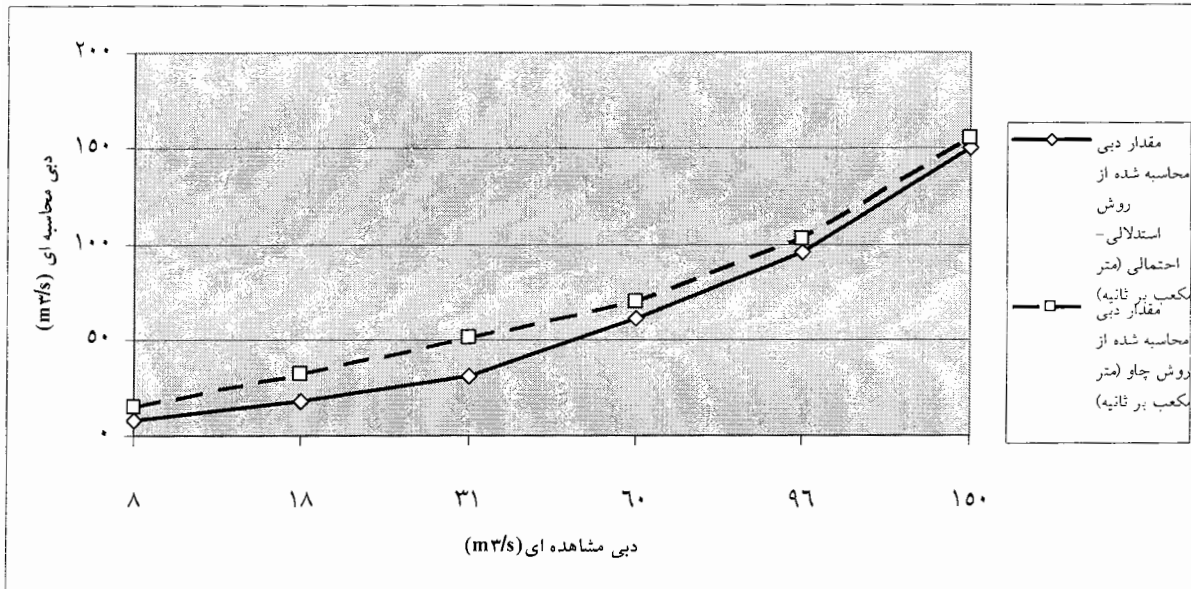
دوره برگشت (سال)	ضرایب رواناب محاسبه شده	ضرایب رواناب چاو	شدت بارندگی (میلیمتر بر ساعت)	مقدار دبی مشاهده شده (متر مکعب بر ثانیه)	مقدار دبی محاسبه شده از روش احتمالی (متر مکعب بر ثانیه)	مقدار دبی محاسبه شده از روش چاو (متر مکعب بر ثانیه)	درصد خطای روش احتمالی - احتمالی	درصد خطای روش چاو
۲	۰,۱۲۸	۰,۲۶	۱,۹۵	۷,۵۲	۷,۴۹	۱۵,۲۲	۰,۳۹	۱۰۲,۳۹
۵	۰,۱۷۵	۰,۳۱	۳,۴۳	۱۸,۱۱	۱۸,۰۲	۳۱,۹۲	۰,۴۹	۷۶,۲۵
۱۰	۰,۲۳۶	۰,۳۸	۴,۴۱	۳۱,۳۲	۳۱,۲۴	۵۰,۳۱	۰,۲۵	۶۰,۶۳
۲۵	۰,۳۵۵	۰,۴۱	۵,۶۵	۶۰,۳۲	۶۰,۲۲	۶۹,۵۵	۰,۱۶	۱۵,۳۰
۵۰	۰,۴۸۶	۰,۵۲	۶,۷۵	۹۶,۰۰	۹۵,۸۶	۱۰۲,۵۷	۰,۱۴	۶,۸۴
۱۰۰	۰,۶۶۸	۰,۶۹	۷,۴۸	۱۵۰,۰۶	۱۵۰,۰۱	۱۵۴,۹۴	۰,۰۳	۳,۲۵

جدول (۶-۱۸) نتایج مربوط به محاسبات ایستگاه امامزاده بر روی رودخانه قرن آباد

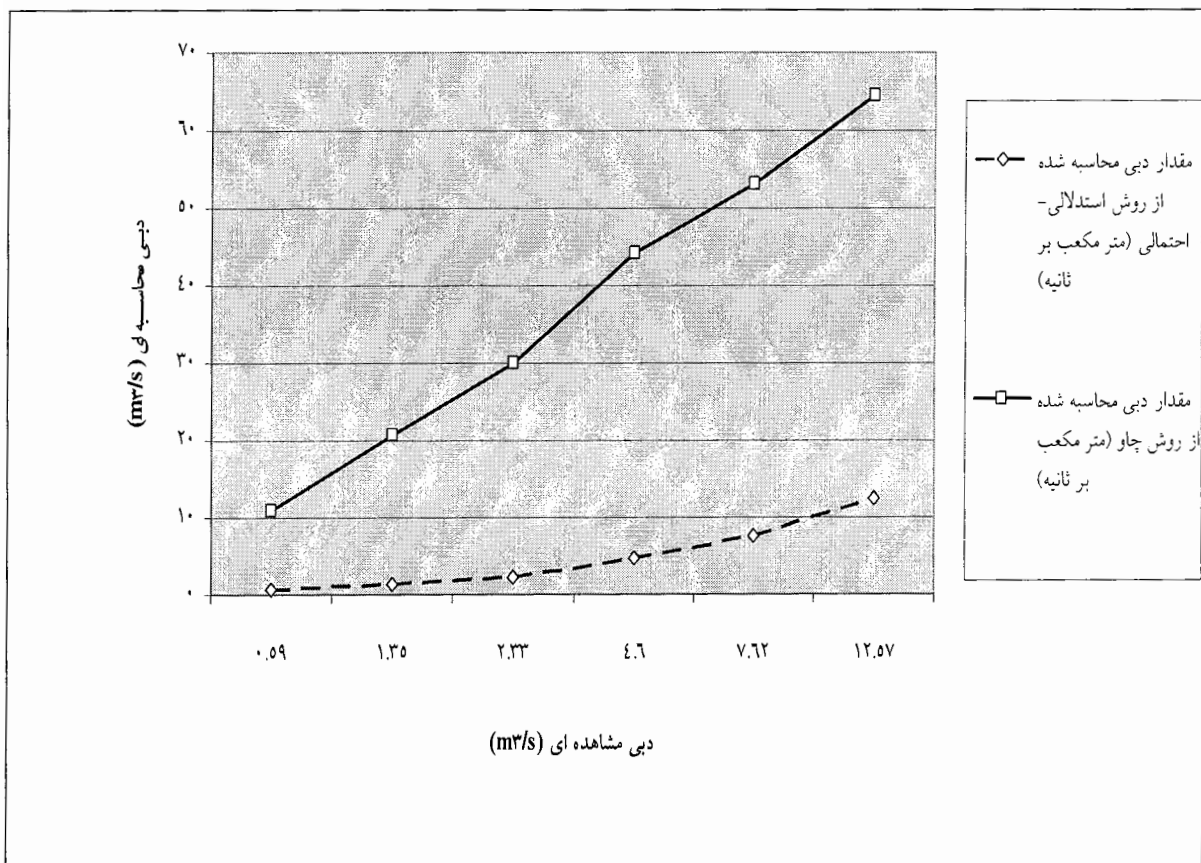
دوره برگشت (سال)	ضرایب رواناب محاسبه شده	ضرایب رواناب چاو	شدت بارندگی (میلیمتر بر ساعت)	مقدار دبی مشاهده شده (متر مکعب بر ثانیه)	مقدار دبی محاسبه شده از روش احتمالی (متر مکعب بر ثانیه)	مقدار دبی محاسبه شده از روش چاو (متر مکعب بر ثانیه)	درصد خطای روش احتمالی - احتمالی	درصد خطای روش چاو
۲	۰,۰۱۱	۰,۲۱	۲,۵۵	۰,۵۹	۰,۵۶۹	۱۰,۸۶	۳,۵۵	۱۷۴۰,۶۷
۵	۰,۰۱۵	۰,۲۳	۴,۴۴	۱,۳۵	۱,۳۵۱	۲۰,۷۲	۰,۰۷	۱۴۳۴,۸
۱۰	۰,۰۲۰	۰,۲۶	۵,۶۹	۲,۳۳	۲,۳۰	۳۰,۰۲	۱,۲۸	۱۱۸۸,۴۱
۲۵	۰,۰۳۱	۰,۳۰	۷,۲۸	۴,۶۰	۴,۵۷	۴۴,۳۲	۰,۶۵	۸۶۳,۴۷
۵۰	۰,۰۴۴	۰,۳۱	۸,۴۵	۷,۶۲	۷,۵۴	۵۳,۱۶	۱,۰۴	۵۹۷,۶۳
۱۰۰	۰,۰۶۴	۰,۳۳	۹,۶۲	۱۲,۵۷	۱۲,۴۹	۶۴,۴۲	۰,۶۳	۴۱۲,۴۹

جدول (۶-۱۹) نتایج مربوط به محاسبات ایستگاه شیرآباد بر روی رودخانه سیاهرود

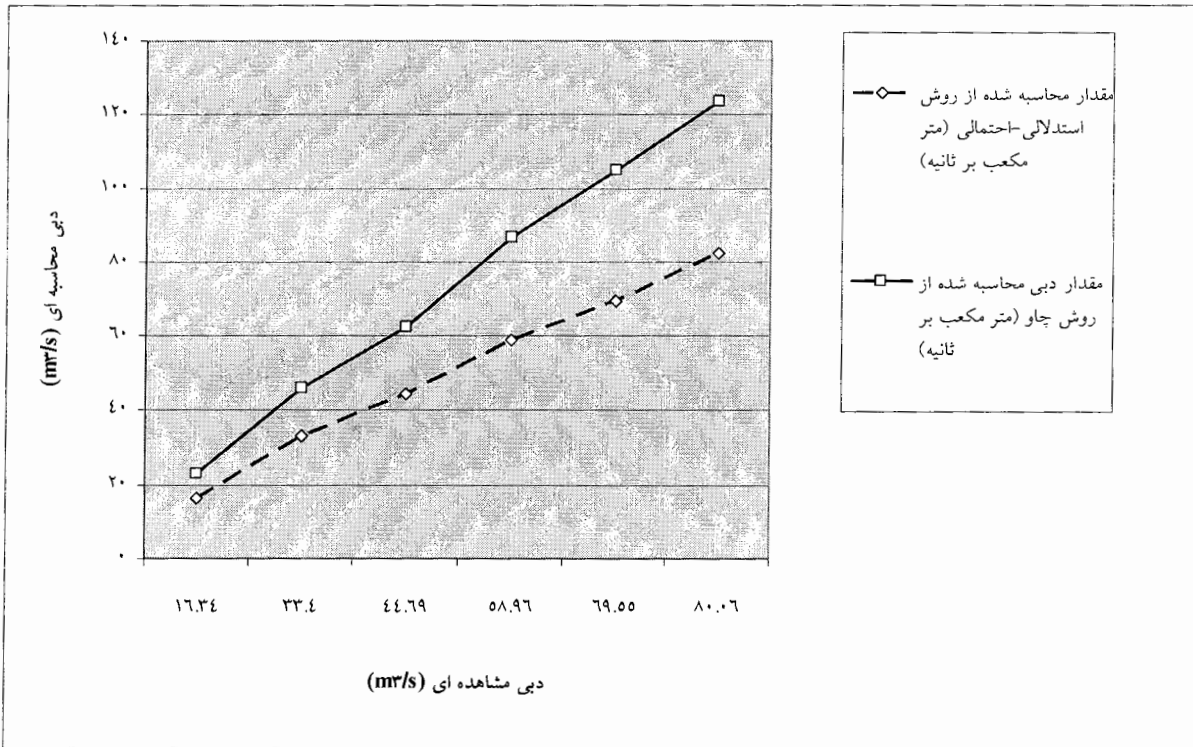
دوره برگشت (سال)	ضرایب رواناب محاسبه شده	ضرایب رواناب چاو	شدت بارندگی (میلیمتر بر ساعت)	مقدار دبی مشاهده شده (متر مکعب بر ثانیه)	مقدار دبی محاسبه شده از روش احتمالی (متر مکعب بر ثانیه)	مقدار دبی محاسبه شده از روش چاو (متر مکعب بر ثانیه)	درصد خطای روش احتمالی - احتمالی	درصد خطای روش چاو
۲	۰,۲۱۳	۰,۳	۳,۰۴	۱۶,۳۴	۱۶,۲۹	۲۲,۹۴	۰,۳۰	۴۰,۳۹
۵	۰,۲۲۵	۰,۳۱	۵,۸۹	۳۳,۴۰	۳۳,۳۴	۴۵,۹۳	۰,۱۷	۳۷,۵
۱۰	۰,۲۲۸	۰,۳۲	۷,۷۷	۴۴,۶۹	۴۴,۵۷	۶۲,۵۵	۰,۲۶	۳۹,۹
۲۵	۰,۲۳۱	۰,۳۴	۱۰,۱۴	۵۸,۹۶	۵۸,۹۳	۸۶,۷۳	۰,۰۵۰	۴۷,۰۹
۵۰	۰,۲۳۲	۰,۳۵	۱۱,۹۱	۶۹,۵۵	۶۹,۵۱	۱۰۴,۸۷	۰,۰۵۷	۵۰,۷۸
۱۰۰	۰,۲۳۹	۰,۳۶	۱۳,۶۶	۸۰,۰۶	۸۲,۱۳	۱۲۳,۷۲	۲,۵	۵۴,۵۳



شکل (۶-۹) مقایسه بین دبی مشاهده ای و محاسبه ای از روش های استدلالی- احتمالی و چاو و با دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال در ایستگاه تقی آباد (رودخانه جعفرآباد)



شکل (۶-۱۰) مقایسه بین دبی مشاهده ای و محاسبه ای از روش های استدلالی- احتمالی و چاو و با دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال در ایستگاه امامزاده (رودخانه قرن آباد)



شکل (۶-۱۱) مقایسه بین دبی مشاهده ای و محاسبه ای از روش های استاندارد-احتمالی و چاو و با دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال در ایستگاه شیرآباد (سیاهرود)

۶-۶- نتیجه گیری

طراحی ابنیه و سازه های هیدرولیکی برای جلوگیری از خطر سیلاب در هر منطقه از مواردی به شمار می رود که کارشناسان بایستی بطور صحیح و با دقت، اعمال نظر کنند. جاری شدن سیل باعث خرابی ساختمانها، مناطق شهری، مسکونی و جنگلها شده باعث مختل ساختن عبور و مرور می گردد و نیز خسارات جانی و مالی به بار می آورد.

عواملی از قبیل نابود کردن جنگلها و مراتع و تبدیل کردن زمینهای طبیعی و کشاورزی به مناطق شهری، مانع نفوذ آب به داخل خاک گشته و باعث تبدیل بخشی از بارندگی به رواناب سطحی می گردد. حال اگر این رواناب بطور صحیح و مناسبی از منطقه خارج نشود باعث خسارات جانی و مالی فراوان می گردد.

معمولاً در طراحی ابنیه و سازه های هیدرولیکی که برای جلوگیری از خسارت ناشی از سیل اجرا می گردند، از حداکثر دبی سیلاب با دوره های برگشت طولانی استفاده می شود. روش مرسوم برای محاسبه حداکثر دبی سیلاب در حوضه های شهری و کوچک کشاورزی روش استدلالی می باشد. در این مطالعه روش استدلالی - احتمالی با دقت قابل توجه بیشتری معرفی و استفاده شده است. مهمترین گام برای استفاده از این روش، تعیین ضرایب رواناب با دوره های برگشت مختلف $[C(y)]$ می باشد. اگر این گام صحیح و با خطای کمتری برداشته شود، در محاسبات حداکثر دبی سیلاب و در نهایت طراحی سازه ها به مشکلاتی از قبیل شکسته شدن سد، جاری شدن سیل، خرابی جاده ها و ... مواجه نخواهیم شد.

بنابراین اگر به مانند این طرح و با آمار دراز مدت برای کل ایران ضرایب رواناب بطور نسبتاً دقیقی بدست آیند، می توان از خساراتی مانند سیل و خراب شدن پل ها و جاده ها و ... جلوگیری کرد.

۶-۷- نظرات و پیشنهادات

این طرح برای قسمتی از حوضه آبریز رودخانه های ساحلی شمال ایران (بخش شرق و مرکزی و حوضه آبریز اصلی شماره یک) انجام گرفته است. لذا شایسته است که برای کل ایران بصورت یک طرح پژوهشی انجام گردد.

۱- با توجه به کمبود تعداد ایستگاه ثبات بارندگی، برای بالا بردن دقت طرحها باید ایستگاههای بیشتری تأمین شده و سپس نقشه های هم شدت بارندگی ترسیم شود.

۲- این طرح برای دوره های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال انجام گردیده که می توان در صورت لزوم برای دوره های برگشت بیشتر از ۱۰۰ سال هم آن را انجام داد. برای این عمل به آمار طولانی مدت احتیاج است. با گذشت زمان و افزایش تعداد سالهای آماری دقت نقشه های هم ضریب رواناب ترسیمی افزایش می یابد.

۳- با توجه به محدودیت آماری موجود پیشنهاد می گردد با تطویل دوره آماری با ارقام پارامترهای تخمین زده شده در این مطالعه برای تخمین سیلابهایی که در دوره های آماری بعدی اتفاق می افتند استفاده شود و مقدار پارامترهای تخمین زده پیشنهادی از جمله پارامترهای نفوذ مورد کنترل مجدد قرار گیرد. بعلاوه جهت مقایسه نتایج حاصل از این مطالعه در حوضه هایی با فیزیو گرافی مشابه حوضه های فوق این تحقیق انجام و مورد بررسی قرار گیرد.

۴- مدل های دیگر از قبیل هیدروگراف ژئومورفو - آب و هوایی ، WMS،SWM ، ARNO،UBS برای حوضه های معرف مورد بررسی قرار گیرد .

۵- در کشورهای پیشرفته ، سازمان های متعددی متولی جمع آوری داده های مکانی از حوضه های آبریز به صورت رقومی هستند و محققان در جریان اجرای مدل های هیدرولوژی ، به این داده ها دسترسی دارند. اما متأسفانه در جریان انجام این طرح ، قسمت عمده کار GIS در تشکیل داده های اولیه نظیر تشکیل مدل ارتفاعی رقومی حوضه های مذکور صرف شد. لذا پیشنهاد می گردد که حتی الامکان جهت حوضه های معرف کشور ، یک بانک اطلاعاتی رقومی از مدل ارتفاعی، پوشش گیاهی، نوع خاک و کاربری اراضی، تهیه گردد. در این صورت کاربران بنا به نیاز خود اطلاعات دیگر را توسط عملیات همپوشانی با این داده ها بدست خواهند آورد.

۶- یکی از نیازهای هر مدل بارش- رواناب، وجود آمار مشاهده‌ای از بارش و سیلاب متناظر با آن است. لذا پیشنهاد می‌گردد که یک بانک اطلاعاتی از بارش و سیلاب متناظر با آنها برای کلیه حوضه‌های معرف تهیه گردد.

۷- نقش سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مدل‌های هیدرولوژی در حال گسترش می‌باشد. علاوه بر این چون این تصاویر بر اساس ساختار موزائیکی می‌باشند می‌توان به راحتی از آنها در تحلیل‌های هیدرولوژیکی سود جست. لذا توصیه می‌گردد که تعیین پارامترهای اولیه مدل‌های هیدرولوژی با استفاده از این فن صورت گرفته و نتایج بدست آمده با روش موجود در طرح مقایسه گردد.

به مسؤولین و کارشناسان سازمان تحقیقات منابع آب وزارت نیرو (تماب) که متولی اندازه‌گیری و تدوین آمار جریان رودخانه و همچنین تحقیقات در زمینه‌های مسائل آبی در کشور می‌باشند پیشنهاد می‌شود در زمینه تهیه و تدوین و تحقیق بر روی آمار و اطلاعات سیلابها به نکات زیر توجه فرمایند:

۱- تجدید نظر اساسی جهت تکمیل و گسترش شبکه ایستگاههای هیدرومتری در سرشاخه‌های رودخانه به منظور دستیابی به آمار و اطلاعات سیلابها در حوضه‌های آبریز با مساحت‌های کوچک.

۲- یکنواخت محاسبه نمودن سیلابها، از لحاظ فاصله زمانی در تمام شرایط ایستگاههای هیدرومتری مختلف و همچنین محاسبه هیدروگراف سیل از شروع افزایش جریان سطحی آب تا خاتمه کامل آن.

۳- تطابق و تلفیق هیدروگرافهای سیلابهای محاسبه شده با اطلاعات رگبارهاییکه آنها را ایجاد نموده است.

۴- تدوین آمار هیدروگراف سیلابها و بارندگی همزمان آنها در یک بانک اطلاعاتی کامپیوتری برای کلیه ایستگاههای هیدرومتری حوضه‌های آبریز ایران.

۵- منطبق نمودن آمار و اطلاعات محاسبه شده جریان رودخانه‌ها جهت کاربری و استفاده از نرم

افزارهای کامپیوتری متداول در هیدرولوژی نظیر سری برنامه‌های HEC.

۱. احمد پور، ق. «راهنمای استفاده از روشهای SCS در حوزه های معرف ایران»، پایان نامه فوق لیسانس گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۳۷۱.
۲. افشار، ع. ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی. چاپ دوم. مرکز نشر دانشگاهی. ۴۵۰ صفحه.
۳. افشین، ی. ۱۳۷۳. رودخانه های ایران. چاپ اول. دو جلد. وزارت نیرو.
۴. بزرگ نیا، ا. ا. علیزاده، م. نقیب زاده و ح. خیابانی. ۱۳۶۹. تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی. چاپ اول. آستان قدس رضوی. ۳۰۰ صفحه.
۵. پژوهاب (مهندسین مشاور). ۱۳۶۱. مطالعات شناسایی تکمیلی و طرح جامع توسعه منابع آب و خاک منطقه ساحلی دریای خزر. وزارت برنامه و بودجه. جلد دوم و سوم.
۶. تحقیقات منابع آب ایران (تماب). ۱۳۷۶. بولتن وضعیت منابع آب کشور. شماره ۱۴. نیرو چاپ. ۱۹۴ صفحه.
۷. تقدسیان، م. «روشهای تخمین سیلاب»، سمینار کارشناسی ارشد آب، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۴.
۸. تماب. ۱۳۷۵. گزارش تلفیق مطالعات منابع آب رودخانه های مازندران. ۳ جلد. وزارت نیرو.
۹. ثنائی نژاد، سیدحسین، «مقدمه ای بر سیستمهای اطلاعات جغرافیایی»، نشر جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۷۶.
۱۰. جاماب (مهندسین مشاور). ۱۳۶۸. خصوصیات حوضه آبخیز رودخانه های ساحلی مازندران. جلد دهم.
۱۱. رستم افشار، ن. ۱۳۷۵. مهندسی منابع آب. چاپ اول. وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی. ۲۹۶ صفحه.
۱۲. رهرو، ر. ۱۳۷۶. برآورد دبی اوج رواناب شهری برای حوضه جنوب اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۹۶ صفحه.
۱۳. زهرایی. بنفشه " کاربرد سیستمهای اطلاعاتی جغرافیایی در مدیریت منابع آب " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۶.
۱۴. سایت ایران هیدرولوژی، <http://www.iranhydrology.com/>
۱۵. سایت حفاظت و بهره برداری از رودخانه ها و سواحل کشور، <http://www.iranrivers.com/>
۱۶. سلیمی، و. ۱۳۷۶. برآورد بده اوج لحظه ای در حوضه های آبخیز غرب ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۱۸ صفحه.
۱۷. ضیائی، ح. ۱۳۷۰. کاربرد آمار در هیدرولوژی مهندسی. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۳۳۴ صفحه.
۱۸. علیزاده، ا. ۱۳۷۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. دانشگاه امام رضا (ع) مشهد، چاپ ششم. ۶۳۴ صفحه.

۱۹. فهمی، ه.، افشار، ن.، «سیستمهای هشدار سیل»، بولتن وضعیت منابع آب کشور، شماره ۱۱، صفحه ۹۵-۱۱۲، تماب، بخش تلفیق مطالعات، ۱۳۷۵.
۲۰. قهرمان، ب.، «بررسی هیدروگراف واحد لحظه ای ژئومورفولوژی در حوزه های آبریز معرف»، گزارش نهایی طرح پژوهشی، معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۱۰۷، ص ۱۵۹، ۱۳۷۳.
۲۱. قهرمان، ب.، «جزوه درسی هیدرولوژی مهندسی»، گروه آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۱.
۲۲. موسوی، س.ف. جزوه هیدرولوژی مهندسی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲۳. مهدوی، م. ۱۳۷۴. هیدرولوژی کاربردی. جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۶۲ صفحه.
۲۴. میرباقری، ا. ۱۳۷۴. هیدرولوژی مهندسی. جلد اول. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۶۳ صفحه.
۲۵. نجفی نژاد، ع. ۱۳۷۴. مطالعه مقدماتی فرسایش. مجله پژوهش و سازندگی، صفحات ۴۷-۴۵.
۲۶. نجمایی، م. ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی. ۲ جلد. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
۲۷. وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه پژوهشهای برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی،

<http://www.agri-jahad.org/>

28. Acreman, M.C. 1985. Predicting the mean annual flood from basin characteristics in Scotland. *Hydrological Sci. J.*, 30:37-49.
29. Chow, V.T., D.R. Maidment, and L.W. Mays. 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill International edition.
30. Friehlich, D.C. 1994. Short-duration-rainfall intensity equations for drainage design. *ASCE, J. Irrig. And Drain. Eng.* 119(5):814-828.
31. Hotchkiss, R.H. and B.E. McCallum. 1995. Peak discharge for small agricultural watersheds. *J. Hyd. Eng.* 121(1):36-48.
32. Linsley, R.K. 1986. Flood estimation: how good are they. *Water Resour. Res.* 22(9):159S-164S.
33. McCuen, R.H., "Hydrologic analysis and design", Prentice-Hall, 1989.
34. Neal, J.F. 1982. Design runoff coefficients for rural catchments in the A.C.T. region. M.S. Thesis, University of New South Wales, Australia.
35. Pilgrim, D.H. 1978. Runoff coefficients for design flood estimation. *The Shire and Municipal Record.* 71(4):176-183.
36. Pilgrim, D.H. 1986. Bridging the gap between flood research and design practice. *Water Resour. Res.*, 22(9): 165S-176S.
37. Pilgrim, D.H. and G.E. McDermott. 1982. Design floods for small rural catchments in eastern New South Wales. *Civil Eng. Tran.* pp.226-234.
38. Shamsi, U.M. "Storm- Water Management Implementation Through Modeling and GIS" *Journal of Water Resources Planning and Management*, VOL. 122, NO.2, 114-127, 1996.
39. Titmarsh, G.W., I. Cordery and D.H. Pilgrim. 1995. Calibration procedures for rational and USSGS design flood methods. *J. Hyd. Eng.* 121(1): 61-70.

40. Tod dini, E., "The ARNO Rainfall-Runoff Model", Journal Of Hydrology, Vol.175, 339-382, 1996.
41. Vissman, JR., Lewis, G.l., and knapp, John. W., "Introduction to hydrology", McGrow-Hill, New York, 1989.
42. Wanielista, M., Kerster, R., and Eaglin, R., "Hydrology : Water quantity and quality control", John Wiley, New York, 1997.