تخمین ضرایب رواناب برای تعدادی از حوضه‌های آبریز دریای مازندران

سید فرهاد موسوی*، جعفر جمشیدنژاد عنبرانی**، سید سعید اسلامیان*** و ناصر رستم‌افشار****

چکیده

تخمین مقدار سیلابها، روشی برای جلوگیری از خسارات ناشی از وقوع آنها می‌باشد. این تخمین پایه و اساس طراحی انواع ابنیه هیدرولیکی، سرریزسدها، طرحهای آبخیزداری و کنترل و مهار سیلاب است. به وسیلهٔ روشهایی نظیر کریگر، جارویس - مایر، سیپرس کریک و استدلالی (منطقی) مقدار دبی حداکثر سیلاب محاسبه می‌شود. روش استدلالی - احتمالی نیز روش دیگری برای تخمین مقدار اوج سیلاب است که به صورت زیر بیان می‌شود :

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

که در آن Q = حداکثر دبی سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)، y = دورهٔ برگشت (سال)، C = ضریب رواناب با دورهٔ برگشت y، A = مساحت حوضه (کیلومترمربع)، I = شدت بارندگی (میلیمتر بر ساعت) برای دورهٔ برگشت معین و مدتی معادل زمان تمرکز حوضه و F = ضریب تبدیل واحدها که در صورت کاربرد واحدهای فوق برابر ۰/۲۷۸ می‌باشد. تخمین ضریب رواناب ،C(y)، یکی از مشکلات این روش است. این ضریب تاکنون به طور تجربی تعیین شده و مقدار آن از جداولی که در مراجع مختلف وجود دارد به دست می‌آید. در تحقیق حاضر از برنامه کامپیوتری TR برای تجزیه و تحلیل آمار حداقل ۱۰ سال ۱۸ ایستگاه آبسنجی و ۱۶ ایستگاه ثبات بارندگی استفاده شده است. این تحقیق در قسمتی از حوضه آبریز دریای مازندران (بخش مرکزی و شرقی حوضه آبریز شماره یک ایران)، در حوضه رودخانه‌هایی نظیر اترک، تجن، چالوس، سرداب‌رود، سیاه‌رود، گرگان‌رود، صفارود، کسیلیان، بابل‌رود و نکا انجام گردید. ضرایب رواناب با دوره برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال این زیر حوضه‌ها محاسبه و سپس منحنیهای هم ضریب رواناب در محدوده طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه و نیز عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه با استفاده از نرم‌افزار سورفر رسم گردید.

نتایج نشان داد که : ۱) مقادیر ضرایب رواناب به دست آمده کمتر از مقادیر داده شده در جداول تجربی است، ۲) با افزایش دوره برگشت، ضریب رواناب افزایش می‌یابد و ۳) کاربرد مقادیر به دست آمدهٔ ضرایب رواناب در سه حوضه آبریز منطقه نشان داد که با استفاده از منحنیهای هم ضریب رواناب می‌توان دبی‌های حداکثر لحظه‌ای را با دقت بهتری تخمین زد.

واژه‌های کلیدی - حوضه آبریز، دریای مازندران، ضریب رواناب، روش استدلالی - احتمالی

* - دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

** - کارشناس ارشد سازمان کشاورزی مشهد

*** - استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

**** - استادیار دانشکده صنعت آب و برق تهران

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

مقدمه

با توجه به کمبود منابع آب، رشد جمعیت و ضرورت استفاده بهینه از منابع آب موجود، داده‌های آماری مناسب در طراحی سازه‌های آبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در صورت وجود آمار کافی از بارندگی، می‌توان برآورد دقیق‌تری از سیلاب در مقایسه با روشهای غیرمستقیم انجام داد. این برآورد مبنای طراحی سرریز سدها، زیرگذرهای جاده‌ها، طرحهای آبخیزداری، کنترل و مهار سیلاب و غیره است. لیکن در تعداد زیادی از رودخانه‌ها و حوضه‌های آبخیز، عمدتاً به دلایل اقتصادی، ایستگاههای آبسنجی و یا باران‌سنجی وجود ندارد که برای جبران این مشکل، متخصصین سعی می‌کنند روابط موجود بین سیل‌خیزی و مشخصات حوضه‌های آبخیز را به دست آورده و در برآورد سیلاب به نتایج مطلوب‌تری برسند.

پدیده رواناب سطحی، مرحله‌ای از گردش آب در طبیعت یا چرخه آب است. رواناب سطحی زمانی تشکیل می‌گردد که شدت بارندگی بیش از میزان نفوذپذیری خاک باشد (۱۱ و ۱۴). مشخصات باران، خصوصیات خاک و نیز ویژگیهای سطح حوضه نقش مهمی در تشکیل رواناب ایفا می‌کنند (۶، ۸، ۱۱، ۱۲ و ۱۴).

زرگر (۹) در تحقیقی پیرامون تأثیر ویژگیهای حوضه آبخیز بر میزان رواناب، که در پنج حوضه آبخیز استان همدان انجام شد، دریافت که عمق رواناب تحت تأثیر میزان ریزشهای جوی بوده، نسبت مستقیم با آن دارد و رابطه بین عمق رواناب و شیوه بهره‌برداری از اراضی آبخیز مستقیم و حاکی از تقلیل مقدار رواناب به ازای کاهش وسعت مراتع طبیعی و گسترش سطح مزارع آبی و باغها می‌باشد.

برای جاری شدن رواناب حاصل از یک بارندگی، شدت بارندگی مهم‌تر از مقدار آن است، به طوری که ممکن است یک باران با شدت زیاد روانابی بیشتر از یک باران هم مقدار با آن یا حتی بیشتر از آن از لحاظ مقدار ولی با شدت کمتر، ایجاد کند.

پوشش گیاهی از عوامل مؤثر بر میزان رواناب سطحی می‌باشد. پوشش گیاهی برروی سطح خاک باعث جذب انرژی قطرات باران شده، باعث می‌شود قطرات باران به‌طور مستقیم به سطح خاک برخورد نکند و انرژی جنبشی آنها باعث متلاشی شدن ذرات خاک نگردد. میزان جذب بارندگی تا حدودی به نوع و تراکم پوشش گیاهی و فصل سال بستگی دارد (۸ و ۱۰).

مساحت حوضه آبخیز بر حداقل، متوسط و حداکثر جریان آب به طرق مختلف تأثیر می‌گذارد (۱۰). شیب زمین عامل موثر دیگری در میزان رواناب سطحی می‌باشد. رئیسیان (۸) نشان داد که شدت بارش و شیب با رواناب رابطه مستقیم دارد. وی همچنین نقش پوشش گیاهی را در افزایش نفوذ آب به خاک و کاهش رواناب سطحی موثر دانست.

روشهای متعددی برای دستیابی به مقدار رواناب سطحی وجود دارد که بعضی از این روشها جنبه عمومی پیدا کرده و کم و بیش در سطح جهان مورد استفاده قرار گرفته و تعدادی نیز برای یک ناحیه یا بخشی از یک کشور ارائه گردیده است. روش کریگر[1] برای تعیین دبی حداکثر سیل در سطوح آبخیز کوچک و بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش به صورت زیر بیان می‌گردد (۱۲):

$$Q = 46\,C\,A^{(0/894\,A^{-0/048})} \qquad [1]$$

که:

Q = دبی حداکثر سالانه (فوت مکعب بر ثانیه)

A = مساحت حوضه (مایل مربع)

C = ضریب حوضه (که از ۵ تا ۲۰۰ تغییر می‌کند)

روابط فولر[2] در جهت رسیدن به حداکثر دبی سیلاب به شرح زیر می‌باشد (۱۲):

$$Q_D = CA^{0/8} \qquad [2]$$

$$Q_{max} = Q_D\,(1 + 0/8 \text{Log}\,T) \qquad [3]$$

$$Q_P = Q_{max}\,(1 + 2/66\,A^{-0/3}) \qquad [4]$$

که:

Q_D = حداکثر دبی متوسط ۲۴ ساعته (مترمکعب برثانیه)

1- Creager 2- Fuller

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

Q_{max} = حداکثر دبی متوسط ۲۴ ساعته با دورهٔ برگشت T سال (مترمکعب بر ثانیه)

Q_p = حداکثر سیل لحظه‌ای با دورهٔ برگشت T سال (مترمکعب بر ثانیه)

از روش جارویس - مایر[1] برای تعیین حداکثر دبی سیلاب در امر سدسازی استفاده می‌گردد (۱۲):

$$Q = ۱۷۵/۶\sqrt{A} \qquad [۵]$$

که:

Q = حداکثر دبی اوج سیلاب سالانه (مترمکعب بر ثانیه)

A = سطح حوضه (کیلومتر مربع)

روش شماره منحنی[2] توسط سازمان حفاظت خاک امریکا (SCS) به صورت زیر ارائه گردیده است (۱۶، ۱۸ و ۲۱) :

$$Q = \frac{(P - ۰/۲S)^{۲}}{P + ۰/۸S} \quad , \quad P > ۰/۲S \qquad [۶]$$

که:

Q = ارتفاع رواناب (سانتیمتر)

S = فاکتور مربوط به ذخیره حوضه یا پتانسیل نگهداشت رطوبت (سانتیمتر)

P = مقدار کل بارندگی (سانتیمتر)

در معادلهٔ ۶ پارامتر S، که عبارت است از پتانسیل نگهداشت رطوبت، به عواملی چون پوشش گیاهی، نوع خاک و وضعیت رطوبتی آن بستگی دارد. مجموعه این عوامل در پارامتری به نام شماره منحنی (CN) خلاصه می‌شود که رابطه آن با S در سیستم متریک به شرح زیر می‌باشد. در رابطهٔ ۷ مقدار S برحسب سانتیمتر و CN بدون بعد است.

$$S = \frac{۲۵۴۰}{CN} - ۲۵/۴ \qquad [۷]$$

روش سیپرس کریک[3] برای حوضه‌های مسطح، که شیب آنها کمتر از ۱ تا ۰/۵ درصد و اندازه حوضه نیز از ۵۰۰۰ هکتار کمتر باشد، به‌کار می‌رود (۱۲) :

$$Q = CA^{۰/۸۳۳} \qquad [۸]$$

که :

Q = دبی حداکثر رواناب (فوت مکعب برثانیه)

A = مساحت حوضه (مایل مربع)

C = ضریب سیلاب

مقدار ضریب رواناب به وضعیت فیزیکی حوضه مثل شیب و بافت خاک و غیره بستگی دارد. مقدار تقریبی آن در معادلهٔ ۸ برای خاکهای با بافت سنگین و کمی شیب‌دار بین ۱۵ تا ۵۰ و برای خاکهای سبک و با شیب کم بین ۱۵ تا ۳۰ می‌باشد.

روش منطقی یا استدلالی[4] برای محاسبه سیلابهای شهری و کشاورزی استفاده می‌شود. شکل کلی این روش به‌صورت زیر است (۱۲، ۱۵، ۱۷، ۲۱ و ۲۳):

$$Q_p = F.C.i.A \qquad [۹]$$

که :

Q_p = حداکثر دبی لحظه‌ای سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)

A = مساحت حوضه (کیلومتر مربع)

i = شدت متوسط بارندگی با تداومی مساوی با زمان تمرکز حوضه (میلیمتر بر ساعت)

C = ضریب رواناب یا ضریب جریان سطحی

F = ضریب تبدیل واحدها که در صورت کاربرد واحدهای فوق برابر است با ۰/۲۷۸

روش دیگر برای برآورد دبی لحظه‌ای سیلاب، روش استدلالی - احتمالی است. پایه و اساس روش استدلالی - احتمالی همانند روش استدلالی می‌باشد، با این تفاوت که روش استدلالی برای حوضه‌های کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی روش استدلالی ـ احتمالی برای حوضه‌های بزرگ‌تر نیز می‌تواند به کار رود (۱۴، ۲۰، ۲۱، ۲۳ و ۲۴). روش استدلالی ـ احتمالی به صورت زیر می‌باشد:

$$Q(y) = F.C(y).I(t_c, y).A \qquad [۱۰]$$

که :

1- Jarvis-Meyer 2- Curve Number 3- Cypress-Creek 4- Rational method

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

Q = دبی حداکثر سیلاب (مترمکعب بر ثانیه) با دورهٔ برگشت مورد نظر

y = دورهٔ برگشت (سال)

C(y) = ضریب رواناب

A = مساحت حوضه (کیلومتر مربع)

tc = زمان تمرکز حوضه (ساعت)

I = شدت بارندگی (میلیمتر برساعت) برای دورهٔ برگشت مورد نظر و مدتی برابر زمان تمرکز حوضه

F = ضریب تبدیل واحدها، که در معادلهٔ ۱۰ برابر با ۰/۲۷۸ است.

تعیین ضریب رواناب، C(y) ، یکی از مشکلات این روش می‌باشد که در حال حاضر از جداول موجود استفاده می‌شود (۵). پیلگریم و مک‌درمات (۲۳) برای منطقه جنوب شرقی ایالت نیوساوت ویلز استرالیا این روش را اجرا کرده و ضرایب رواناب را برای دوره‌های برگشت مختلف محاسبه و منحنیهای هم ضریب رواناب را در منطقه رسم نمودند.

هدف تحقیق حاضر، برآورد ضریب رواناب، C(y) ، در تعدادی از زیرحوضه‌های حوضهٔ آبریز اصلی دریای مازندران است. ناحیهٔ مورد مطالعه شامل حوضهٔ آبریز رودخانه‌های مازندران، که در شمال سلسله جبال البرز میانی و در حاشیهٔ جنوبی دریای مازندران واقع شده‌اند، می‌باشد. در این محدوده با توجه به وجود ۱۸ ایستگاه آبسنجی و همچنین ۶ ایستگاه باران‌سنج ثبات با آمار حداقل ۱۰ سال، ضرایب رواناب با دورهٔ برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه می‌شود.

مواد و روشها

ایران به شش حوضهٔ آبریز اصلی تقسیم‌بندی شده‌است :۱- حوضهٔ آبریز دریای خزر (۱۲ درصد مساحت ایران)، ۲- حوضهٔ آبریز خلیج فارس (۲۵ درصد)، ۳- حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه (۳ درصد)، ۴- حوضهٔ آبریز مرکزی (۵۰ درصد)، ۵- حوضهٔ آبریز دریاچهٔ هامون (۷ درصد) و ۶- حوضهٔ آبریز شمال شرق (۳ درصد)(۱).

تحقیق حاضر در قسمتی از حوضهٔ آبریز شمارهٔ ۱ انجام گرفته است که زیر حوضه‌های اترک، گرگان‌رود، هراز، نکا و نور در این محدوده قرار دارند. رودخانه‌هایی مانند هراز، که رژیم برفی دارند، از طرح حذف گردیده‌اند. از طرفی، ایستگاههای آبسنجی که کمتر از ۱۰ سال آمار داشتند نیز حذف شدند. موقعیت ۶ ایستگاه ثبات بارندگی و ۱۸ ایستگاه آبسنجی با آمار حداقل ۱۰ سال در نمودار ۱ آورده شده است. مشخصات حوضه‌های آبریز در منطقهٔ مورد مطالعه در جدول ۱ و موقعیت جغرافیایی ایستگاههای ثبات بارندگی در جدول ۲ ارائه گردیده است.

کل حوضهٔ مورد مطالعه به شکل نوار پهن در امتداد رشته جبال البرز و در ساحل جنوبی دریای مازندران قرار گرفته و تا غرب استان خراسان ادامه پیدا کرده است. حدود جغرافیایی منطقه از طولهای شرقی ۵۱ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه و عرضهای شمالی ۳۶ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۳ دقیقه می‌باشد.

سراسر دشت ساحلی دریای مازندران و بخش عمدهٔ ارتفاعات این منطقه از رستنیهای متنوعی پوشیده شده که علت آن بارندگی و رطوبت زیاد و درجه حرارت مناسب است. این پوشش در دشت شامل مزارع (عمدتاً برنج)، باغها، مراتع و جنگل و در ارتفاعات شامل مزارع، باغها، مراتع و جنگلهای متراکم و نیمه متراکم می‌باشد.

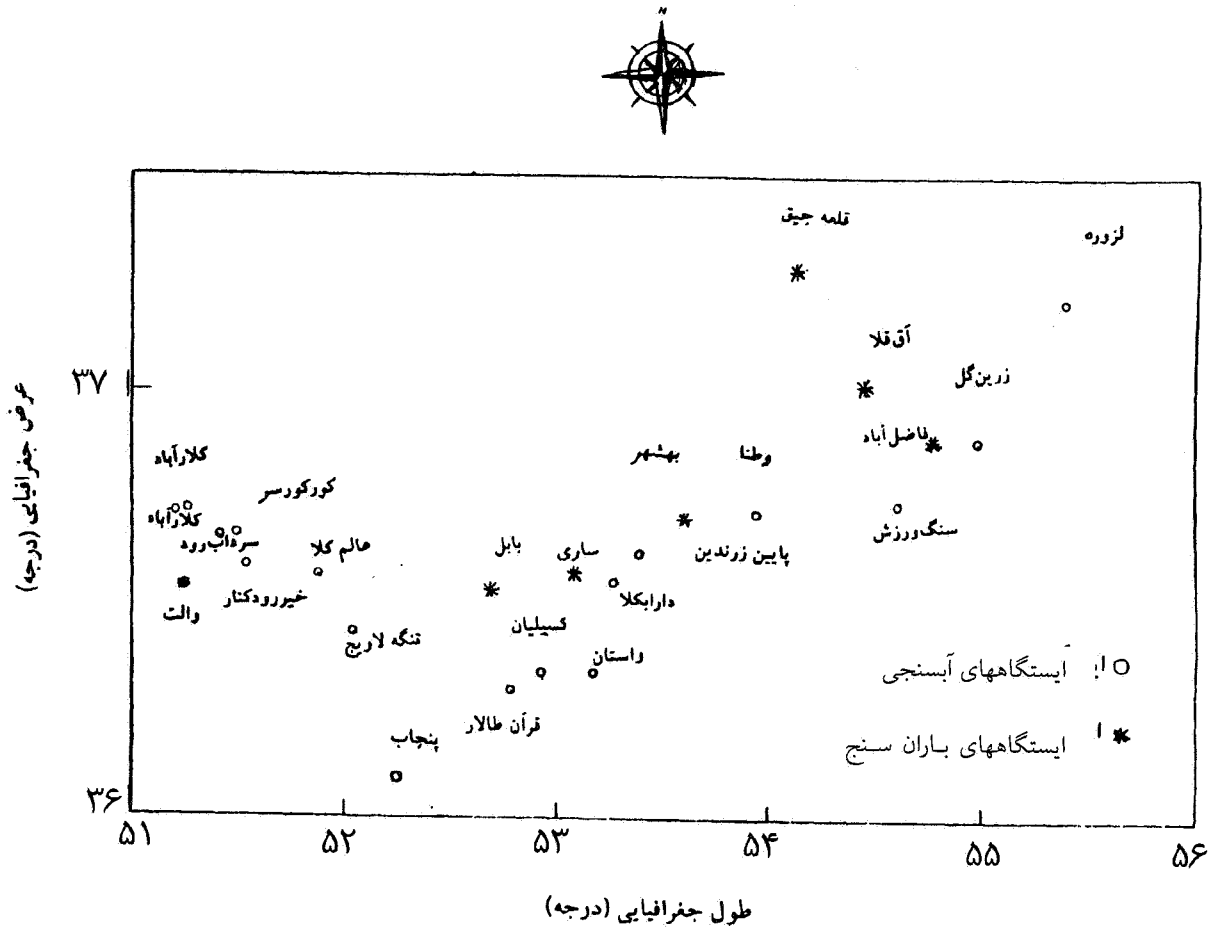
از دیدگاه پوشش گیاهی و تنوع رستنیها، حوضهٔ مورد مطالعه به سه بخش زیر تفکیک می‌شود:

الف - مناطق جنگلی : وسعت اراضی جنگلی به‌طور تقریب حدود ۱/۳ میلیون هکتار بوده که معادل ۵۰/۷ درصد وسعت کل حوضه است. جنگلهای انبوه و نیمه انبوه عمدتاً در نواحی شمال و مرکز و جنگلهای تنک در بخشهای جنوبی گسترش دارد.

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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]



نمودار ۱- موقعیت ایستگاههای آب سنجی و ثبات بارندگی منطقه مورد مطالعه

ج - باغات و اراضی کشاورزی : اراضی کشاورزی به‌طور عمده در دشت ساحلی دریای مازندران گسترش دارد. وسعت اراضی کشاورزی و باغات در حوضه رودخانه‌های مازندران بیش از ۶۰۰۰ کیلومتر مربع است (۳).

آب و هوا و اقلیم منطقه را به‌طور کلی می‌توان در گروههای اقلیمی معتدل سرد تا معتدل گرم و در مجموع معتدل طبقه‌بندی نمود. میانگین درجه حرارت سالانه هوا از غرب به شرق منطقه افزایش می‌یابد. اصولاً رطوبت در نوار ساحلی همیشه زیاد است و مقدار آن از غرب به شرق تنزل پیدا می‌کند (۳). حداکثر درجه حرارت مطلق و میانگین حداکثرهای مشاهده شده در منطقه (ایستگاه تیرتاش) به ترتیب ۴۶/۵ و ۳۰ درجهٔ سانتیگراد بوده و حداقل مطلق و میانگین حداقلهای مشاهده شده (ایستگاه پلور) به ترتیب ۳۳- و ۹- درجهٔ سانتیگراد بوده است.

بادهای عمدهٔ منطقه ناشی از جبهه‌های هوای ورودی به منطقه و نیز نسیم بین دریا و کوهستان است. درگروه اول جهت باد از غرب و شمال غرب (مدیترانه) یا شمال و شمال شرق (قطب شمال و سیبری) و درگروه دوم از شمال به جنوب است (۶).

مشخصه اصلی پستی و بلندی در این حوضهٔ آبریز، ارتفاعات البرز در جنوب منطقه و دریای مازندران در شمال آن می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه ۵۶۷۰ متر و مربوط به قلهٔ دماوند در حوضهٔ آبریز رودخانه هراز بوده و در نواحی غرب آن یک سری قلل دیگر با ارتفاع بین ۴۰۰۰ تا ۴۸۰۰ متر قرار دارد (۳).

از نظر زمین‌شناسی، حوضهٔ آبخیز رودخانه‌های مازندران در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

جدول ۱- مشخصات حوضه‌های آبریز در منطقهٔ مورد مطالعه (۴)

رودخانه	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	تعداد سال آماری	مساحت حوضه (کیلومترمربع)	طول آبراهه اصلی (متر)	زمان تمرکز (ساعت)
سرداب رود	والت	۵۱°۱۳′	۳۶°۳۲′	۱۷	۳۱۰	۳۷۵۰۰	۲/۰۸
پلنگ‌آب‌رود	کلارآباد	۵۱°۱۴′	۳۶°۴۲′	۱۹	۱۹	۲۶۰۰	۲/۴۵
اسپه رود	کلارآباد	۵۱°۱۵′	۳۶°۴۲′	۱۴	۹	۲۲۰۰	۱/۸۵
سرداب رود	سرداب رود	۵۱°۲۴′	۳۶°۴۰′	۲۳	۴۴۳	۷۶۰۰۰	۵/۵۳
کورکورسر	کورکورسر	۵۱°۲۸′	۳۶°۴۰′	۲۱	۷۳	۲۳۰۰	۰/۸۸
خیررود	خیررود کنار	۵۱°۳۵′	۳۶°۳۸′	۱۲	۲۱۸/۱	۱۸۸۰۰	۴/۷۵
کنس‌رود	عالم کلا	۵۱°۵۴′	۳۶°۳۴′	۱۱	۲۹۰	۲۹۰۰۰	۵/۸۸
لاویج	تنگه لاویج	۵۲°۰۳′	۳۶°۲۴′	۳۵	۱۰۸/۳	۲۰۰۰۰	۳/۱۳
نمارستاق	پنجاب	۵۲°۱۵′	۳۶°۰۶′	۱۷	۲۵۳	۴۳۷۰	۵/۹
بابل رود	قران طالار	۵۲°۴۷′	۳۶°۱۷′	۴۱	۳۹۳	۳۳۷۵۰	۳/۴۱
شیرگاه	کسیلیان	۵۲°۵۳′	۳۶°۱۸′	۳۸	۳۴۳	۴۸۱۲۵	۲/۰
لاجیم	واستان	۵۳°۱۰′	۳۶°۲۰′	۱۱	۱۳۷/۸	۲۰۰۰	۲/۶۳
داراب‌کلا	داراب کلا	۵۳°۱۴′	۳۶°۳۳′	۱۷	۵۵	۱۳۵۰۰	۱/۴۶
نکا	پایین‌زرندین	۵۳°۲۰′	۳۶°۳۷′	۱۲	۲۵۹	۲۲۵۰۰	۲/۴۵
گز	وطنا	۵۳°۵۷′	۳۶°۴۲′	۲۱	۱۸	۷۲۰۰	۰/۵۶
گرماب‌دشت	سنگ‌ورزش	۵۴°۳۴′	۳۶°۴۴′	۱۳	۲۱۱	۲۱۰۰	۱/۰۸
سرمه‌رود	زرین گل	۵۴°۵۷′	۳۶°۵۳′	۱۳	۱۹۱	۲۲۵۰	۱/۶۳
چهل چای	لزوره	۵۵°۲۳′	۳۷°۱۳′	۲۶	۲۸۱	۵۳۰۰۰	۲/۴۶

جدول ۲- مشخصات ایستگاههای ثبات بارندگی (۴)

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	آق‌قلا	۵۴° ۲۷′	۳۷° ۰۱′
۲	بهشهر	۵۳° ۳۵′	۳۶° ۴۱′
۳	بابل	۵۲° ۴۱′	۳۶° ۳۲′
۴	ساری	۵۳° ۰۶′	۳۶° ۳۵′
۵	فاضل آباد	۵۴° ۴۵′	۳۶° ۵۴′
۶	قلعه جیق	۵۴° ۱۰′	۳۷° ۱۸′

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

بخشهایی از دو زون[1] زمین‌ساختی البرز و گرگان - رشت واقع شده است. فازهای کوهزایی متعددی در این منطقه عمل کرده است. قدیمی‌ترین فاز کاتانگایی[2] بوده که در اینفراکامبرین[3] عمل کرده و جدیدترین آن فاز آلپی[4] بوده که موجب برپایی رشته کوه البرز شده است. تحت تأثیر نیروهای فشاری فازهای کوهزایی، چین‌خوردگیها 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 به سنگهای دگرگونی پرکامبرین می‌باشد که پی سنگ زمینهای این منطقه را تشکیل می‌دهد (۳).

رودخانه‌های جاری در منطقه عبارتند از رودخانهٔ اترک، آزادرود، اسپه رود، بابل رود، پلور، تجن، جعفرآباد، چالک‌رود، چالوس، چشمه کیله، خیررود، سرداب‌رود، سرمه‌رود، سیاه‌رود، شیررود، صفارود، طالار، قرن آباد، کاظم‌رود، کسیلیان، کنس‌رود، کورکورسر، گرگان ،گرگان‌رود، گرماب‌دشت، لاجیم، لار، لاویج، ناتل رود (نور)، نکا، نمارستاق، نور و هراز (۴).

در آمار سیلاب حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه، بالاترین رقم دبی در هر سال به عنوان دبی حداکثر لحظه‌ای در نظر گرفته شد و با کمک برنامهٔ کامپیوتری TR دبی‌های با دوره برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه و همچنین بهترین توزیع آماری آنها انتخاب گردید. برنامه TR به منظور بررسی و تحلیل فراوانی داده‌های هیدرولوژیک به ازای دوره‌های برگشت مختلف نوشته شده است (۱۳). در این برنامه، چگونگی برازش توابع توزیع نرمال، لوگ نرمال، نرمال دوپارامتره، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳، گامبل، لوگ گامبل، گاما و لوگ گاما (۱، ۲، ۹، ۱۰ و ۱۹) مورد بررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر محاسبه پارامترهای آماری میانگین، انحراف معیار و ضریب چولگی داده‌ها، آزمونهای برازندگی کولموگورف - اسمیرنوف و کااسکوئر نیز انجام می‌شود. به منظور انتخاب بهترین توزیع برازنده از پارامتر مجذور مربعات باقیمانده استفاده می‌شود. اساس این روش بر جذر مجموع مربعات تفاضلهای بین دبی‌های حداکثر محاسبه‌ای و مشاهده‌ای می‌باشد:

$$RSS = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_c - Q_i)^2}{n-m} \right]^{\frac{1}{2}} \qquad [11]$$

که :

RSS[5] = مجموع مربعات باقیمانده

Q_c = حداکثر دبی محاسبه شده

Q_i = حداکثر دبی مشاهده شده

n = طول سالهای آماری

m = تعداد پارامترهای تابع توزیع به‌کار رفته

در نهایت توزیعی برای برازش مناسب‌تر است که RSS آن کمتر از دیگر توزیعها باشد (۲ و ۱۰).

در این مطالعه، با داشتن آمار شدتهای ۱۵ دقیقه‌ای بارندگی حاصل از باران‌نگار وزنی، تهیه شده توسط سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)، شدتهای ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۳۶۰، ۵۴۰، ۷۲۰، ۹۰۰، ۱۰۸۰، ۱۲۶۰ و ۱۴۴۰ دقیقه‌ای 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 شد. با کمک برنامهٔ کامپیوتری TR، شدتهای بارندگی با دوره‌های برگشت مختلف محاسبه گردیده و بهترین توزیع آماری آنها براساس کمترین مجموع مربعات خطا انتخاب و به جای پارامتر شدت بارندگی در روش استدلالی - احتمالی قرار داده شد. برای تعیین زمان تمرکز از روش کرپیچ[6] استفاده گردید (۱۲ و ۱۷):

$$T_c = 0.0003 L^{0.77} S^{-0.385} \qquad [12]$$

1- Zone 2- Katangan 3- Infra-cambrian 4- Alpine
5- Residual sum of squares 6- Kirpich

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

جدول ۳- نتایج دبی با دوره‌های برگشت متفاوت (مترمکعب بر ثانیه) و سایر پارامترهای آماری حاصل از برنامه TR

رودخانه	ایستگاه	$Q_{۲}$	$Q_{۵}$	$Q_{۱۰}$	$Q_{۲۵}$	$Q_{۵۰}$	$Q_{۱۰۰}$	RSS	بهترین توزیع
سرداب‌رود	والت	۹/۲۶	۱۸/۴۶	۲۹/۱۴	۵۱/۸۹	۷۹/۶۲	۱۲۱/۷۸	۲/۸۰۷	لوگ گامبل
پلنگ‌آب‌رود	کلارآباد	۶/۷۱	۹/۴۳	۱۴/۰۵	۱۹/۲۵	۲۳/۶۴	۲۸/۳۸	۴/۹۵۸	لوگ نرمال
اسپه‌رود	کلارآباد	۳/۵۲	۴/۶۲	۶/۹۱	۸/۳۲	۱۰/۲۱	۱۲/۶۸	۱/۶۳۶	لوگ نرمال
سرداب‌رود	سرداب‌رود	۱۴/۷۰	۲۴/۱۱	۳۳/۴۶	۵۰/۶۱	۶۸/۸۰	۹۳/۳۲	۶/۲۳۴	لوگ گامبل
کورکورسر	کورکورسر	۱۴/۶۰	۲۷/۲۷	۳۷/۸۰	۵۳/۵۵	۶۷/۰۵	۸۲/۰۹	۲/۷۰۷	لوگ نرمال
خیررود	خیررودکنار	۱۰/۱۹	۱۵/۹۰	۱۹/۶۸	۲۴/۴۵	۳۱/۹۹	۵۹/۶۸	۱/۲۱۶	گامبل
کنس‌رود	عالم‌کلا	۴/۵۲	۱۰/۶۸	۱۶/۸۶	۲۷/۶۰	۳۸/۰۷	۵۰/۹۲	۲/۲۵۴	لوگ پیرسون
لاویج	تنگه‌لاویج	۶/۴۳	۱۳/۴۰	۱۹/۸۴	۳۰/۳۶	۴۰/۱۰	۵۱/۶۲	۲/۷۲۳	لوگ پیرسون
نمارستاق	پنجاب	۹/۶۴	۱۷/۷۰	۲۵/۳۱	۳۸/۲۲	۵۰/۷۸	۶۶/۳۸	۲/۹۷	لوگ گاما
بابل‌رود	قران‌طالار	۷۳/۱۵	۱۲۱/۵۹	۱۵۳/۶۷	۱۹۴/۱۹	۲۲۴/۲۶	۲۵۴/۱۰	۱۰/۹۲۴	گامبل
شیرگاه	کسیلیان	۳۰/۷۴	۶۱/۸۶	۹۲/۳۹	۱۴۵/۶۷	۱۹۸/۵۶	۲۶۵/۱۸	۵/۴۶۰	لوگ گاما
لاجیم	واستان	۸/۷۱	۲۱/۰۷	۳۰/۴۶	۴۱/۲	۵۱/۶	۷۳/۹۶	۰/۸۳۶	گامبل
داراب‌کلا	داراب‌کلا	۶/۹۸	۱۸/۵۳	۳۵/۳۷	۸۰/۰۳	۱۴۶/۶۶	۲۶۷/۵۷	۲/۸۲۱	لوگ گامبل
نکا	پایین‌زرندین	۱۶/۶۵	۵۶/۹۷	۱۲۸/۶۴	۱۵۴/۸۱	۱۸۷/۹۴	۲۶۸/۳۲	۱/۸۷۷	گامبل
گز	وطنا	۰/۸۲	۴/۵۰	۷/۲۵	۱۳/۴۰	۲۶/۸۴	۵۳/۴۹	۱/۴۱۹	لوگ نرمال
گرماب‌دشت	سنگ‌ورزش	۱۵/۶۴	۲۹/۸۹	۴۴/۰۹	۵۹/۲۸	۷۱/۳۷	۸۵/۱۵	۱/۰۵۱	لوگ گامبل
سرمه‌رود	زرین‌گل	۵/۸۹	۱۱/۵۹	۱۷/۵۴	۲۸/۶۴	۴۰/۴۴	۵۶/۲۲	۱/۸۴۹	لوگ گاما
چهل‌چای	لزوره	۱۵/۸۵	۳۶/۴۱	۵۹/۷۲	۱۰۶/۷۱	۱۵۸/۲۰	۲۳۰/۷۸	۷/۳۳۴	لوگ گاما

که :

Tc = زمان تمرکز (ساعت)

L = طولانی‌ترین مسیر حرکت آب در حوضه (متر)

S = شیب متوسط آبراهه اصلی (متر بر متر)

منحنیهای هم ضریب رواناب با کمک نرم‌افزار سورفر[1] و با داشتن سه متغیر طول و عرض جغرافیایی ایستگاههای آبسنجی و ضریب رواناب برای دوره‌های برگشت مختلف در محدودهٔ مطالعاتی طرح رسم گردید.

نتایج و بحث

تحلیل دبی

نتایج دبی با دوره‌های برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال و سایر پارامترهای آماری حاصل از اجرای برنامه کامپیوتری TR در جدول ۳ آورده شده است. دبی‌های جدول ۳ از تحلیل فراوانی آمار دبی اندازه‌گیری شده در ایستگاههای هیدرومتری (جدول ۱)، در طول سالهای مختلف به دست آمده است. از نتایج جدول ۳ در تخمین ضرایب رواناب با دوره‌های برگشت مختلف استفاده شده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌گردد که در ایستگاههای مورد نظر، توزیع گامبل و لوگ

1- SURFER

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

گامبل بیشترین تطابق را دارند.

تحلیل شدت بارندگی

کمبود ایستگاههای ثبات بارندگی در منطقه 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. این امر در تحلیلها تأثیر می‌گذارد، چون عواملی از قبیل اختلاف ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا و اختلاف دما و فشار بین دو ایستگاه دخالت دارند.

مقادیر شدت بارندگی با کمک برنامهٔ کامپیوتری TR مورد تحلیل قرار گرفت و دوره‌های برگشت شدت بارندگی مشخص شد. به عنوان نمونه، نتایج شدت بارندگی ایستگاههای باران سنجی ثبات بابل و ساری در جداول ۴ و ۵ آورده شده است. نتایج سایر ایستگاهها در گزارش جمشیدنژاد عنبرانی (۵) موجوداست. با توجه به این جداول مشخص گردید که توزیع گامبل بر اکثر شدتهای بارندگی برازش دارد. با افزایش دورهٔ برگشت، شدت بارندگی افزایش می‌یابد و با افزایش طول مدت بارندگی از شدت آن کاسته می‌شود. این نتایج با تحقیقات سایرین مطابقت دارد (۶، ۱۱ و ۱۴).

تحلیل کلی نتایج

با وجود این که انتقاداتی بر کفایت روش استدلالی (منطقی) برای تخمین مقدار یا شدت جریان سطحی شده است، اما این روش به طور گسترده در سطح جهان در طراحی ابنیه هیدرولیکی ومطالعات هیدرولوژیک استفاده می‌شود که علت آن ساده و استدلالی بودن روش است (۱۹ و ۲۲). ضریب رواناب (C) کم دقت ترین متغیر روش استدلالی می‌باشد. انتخاب مناسب این ضریب به قضاوت و تجربه هیدرولوژیست بستگی دارد. در تخمین این ضریب باید به کلیهٔ خصوصیات بارندگی و حوضهٔ آبخیز توجه نمود. جدول ۶ ضرایب رواناب با دوره‌های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال را برای ۱۸ زیر حوضهٔ منطقه طرح نشان می‌دهد. در تمام ایستگاهها، با افزایش دورهٔ برگشت، مقدار ضریب رواناب افزایش می‌یابد. با توجه به جدول ۶ ملاحظه می‌گردد که تقریباً"برای تمام دوره‌های برگشت، ایستگاه عالم‌کلا بر روی رودخانهٔ کنس رود به دلیل مقادیر دبی کم (جدول ۳) و نیز شدت بارندگی ناچیز که در ایستگاه بابل آمده، دارای کمترین مقدار ضریب رواناب است. ایستگاه کلارآباد بر روی رودخانهٔ پلنگ‌آب رود دارای بیشترین مقدار ضریب رواناب است، چون که دارای مساحت کم (۱۹ کیلومتر مربع) می‌باشد. ایستگاه کسیلیان بر روی رودخانهٔ شیرگاه دارای ضرایب رواناب در حد میانگین سایر ایستگاههاست.

به کمک نرم‌افزار کامپیوتری سورفر خطوط هم ضریب رواناب ،C(y) ، در محدودهٔ مورد مطالعه (بخش مرکزی و شرقی حوضه آبریز شماره یک ایران) رسم شد. به طور مثال، نمودارهای ۲ تا ۴ منحنیهای هم‌ضریب رواناب با دوره‌های برگشت ۲، ۲۵ و ۱۰۰ سال را نشان می‌دهند. به کمک این نمودارها می‌توان ضرایب رواناب هر منطقه را در محدودهٔ طرح به روش میان‌یابی تعیین کرد. این ضرایب در طراحی ابنیه هیدرولیکی و مطالعات هیدرولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. همان طورکه در نمودارها مشاهده می‌گردد، تراکم خطوط در ناحیهٔ غرب محدوده بیشتر است، چون تغییرات پتانسیل آبدهی حوضه‌ها در این ناحیه بیشتر می‌باشد. نکته‌ای که باید تذکر داده شود این است که به دلیل تراکم منحنیهای هم‌ضریب رواناب در بعضی از مناطق، امکان رسم تمام منحنیها نبوده و در بعضی از مناطق (شرق منطقه مورد مطالعه) به دلیل تراکم کم ایستگاههای هیدرومتری منحنیها تقریبی می‌باشند. در هر دو مورد فوق استفاده از اعداد جدول ۶ ارجحیت دارد.

جدول چاو و همکاران (۱۴)، که توسط مهندسین مشاور و سایر دستگاههای اجرایی در سطح جهان به طور گسترده‌ای در طرحهای مطالعاتی و اجرایی استفاده می‌گردد، برای آستین[1]

1- Austin

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

جدول ۴- شدت بارندگی ایستگاه بابل (میلیمتر بر ساعت) با دوره‌های برگشت و مدت مختلف

مدت(ساعت) / دوره‌برگشت(سال)	۰/۵	۱	۲	۳	۶	۹	۱۲
۲	۶/۹۶	۴/۱۳	۳/۸۳	۲/۷۶	۲/۴۷	۱/۶۹	۱/۲۲
۵	۹/۸۸	۶/۳۶	۴/۶۴	۳/۹۱	۳/۱۴	۲/۶۳	۲/۱۲
۱۰	۱۱/۴۰	۷/۸۴	۵/۰۱	۴/۶۷	۳/۴۹	۳/۲۶	۲/۷۱
۲۵	۱۳/۰۳	۹/۷۱	۵/۳۵	۵/۶۳	۳/۸۶	۴/۰۴	۳/۴۶
۵۰	۱۴/۰۸	۱۱/۱۰	۵/۵۰	۶/۳۴	۴/۱۰	۴/۶۳	۴/۰۲
۱۰۰	۱۵/۰۲	۱۲/۴۸	۵/۷۰	۷/۰۵	۴/۳۲	۵/۲۱	۴/۵۷
بهترین‌توزیع	نرمال	گامبل	لوگ‌پیرسون	گامبل	نرمال	گامبل	گامبل

جدول ۵- شدت بارندگی ایستگاه ساری (میلیمتر بر ساعت) با دوره‌های برگشت و مدت مختلف

مدت(ساعت) / دوره‌برگشت(سال)	۰/۵	۱	۲	۳	۶	۹	۱۲
۲	۵/۳۸	۴/۲۳	۳/۸۹	۳/۱۸	۲/۵۴	۲/۰۴	۱/۲۲
۵	۹/۵۳	۸/۱۵	۷/۲۲	۶/۰۳	۴/۱۹	۳/۴۷	۲/۱۲
۱۰	۱۳/۹۸	۱۰/۷۴	۹/۴۳	۷/۹۳	۵/۸۴	۴/۹۲	۲/۷۱
۲۵	۱۷/۱۲	۱۴/۷۶	۱۲/۲۲	۱۰/۳۲	۸/۸۹	۷/۶۶	۳/۴۶
۵۰	۱۹/۶۷	۱۶/۷۵	۱۴/۲۹	۱۲/۰۹	۱۲/۱۳	۱۰/۶۴	۴/۰۲
۱۰۰	۲۶/۷۷	۱۹/۷۲	۱۶/۳۴	۱۳/۸۵	۱۶/۵۳	۱۴/۷۴	۴/۵۷
بهترین‌توزیع	گامبل	گامبل	گامبل	گامبل	لوگ‌گامبل	لوگ‌گامبل	گامبل

تگزاس در آمریکا تهیه شده است. در این جدول، کمترین مقدار ضریب رواناب ۰/۲۱ گزارش شده، در حالی که در جدول ۶ ضریب رواناب با دورهٔ برگشت ۲ سال حدود ۰/۰۲۲ به دست آمده است. این تفاوت عددی بیانگر این نکتهٔ مهم است که در هر منطقه باید ضرایب رواناب خاص آن منطقه و با سطح احتمال موردنظر تهیه شده و مورد استفاده طراحان پروژه‌ها قرار گیرد. استفاده از جدول چاو و همکاران (۱۴) و یا سایر محققین قطعاً خطاهایی را در برخواهد داشت که گاه هزینهٔ پروژه‌ها را چندین برابر افزایش می‌دهد و یا خطراتی را در مورد تخمینهای نادرست از مقدار حداکثر دبی لحظه‌ای در پی‌خواهد داشت.

بررسی اعتبار تخمین دبی حداکثر لحظه‌ای

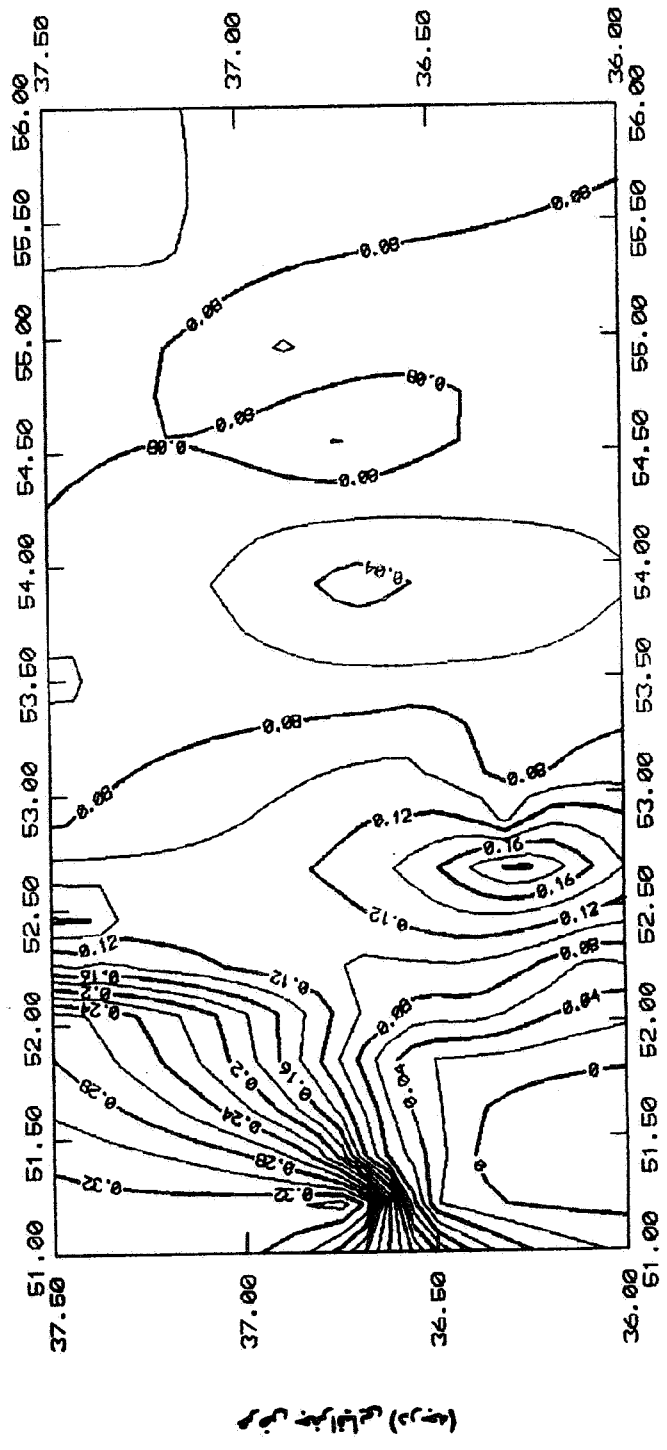
مقدار خطای محاسباتی دبی حداکثر لحظه‌ای را می‌توان از فرمول زیر به دست آورد:

$$E = \frac{|Qo - Qc|}{Qo} \times ۱۰۰ \qquad [۱۳]$$

که:

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

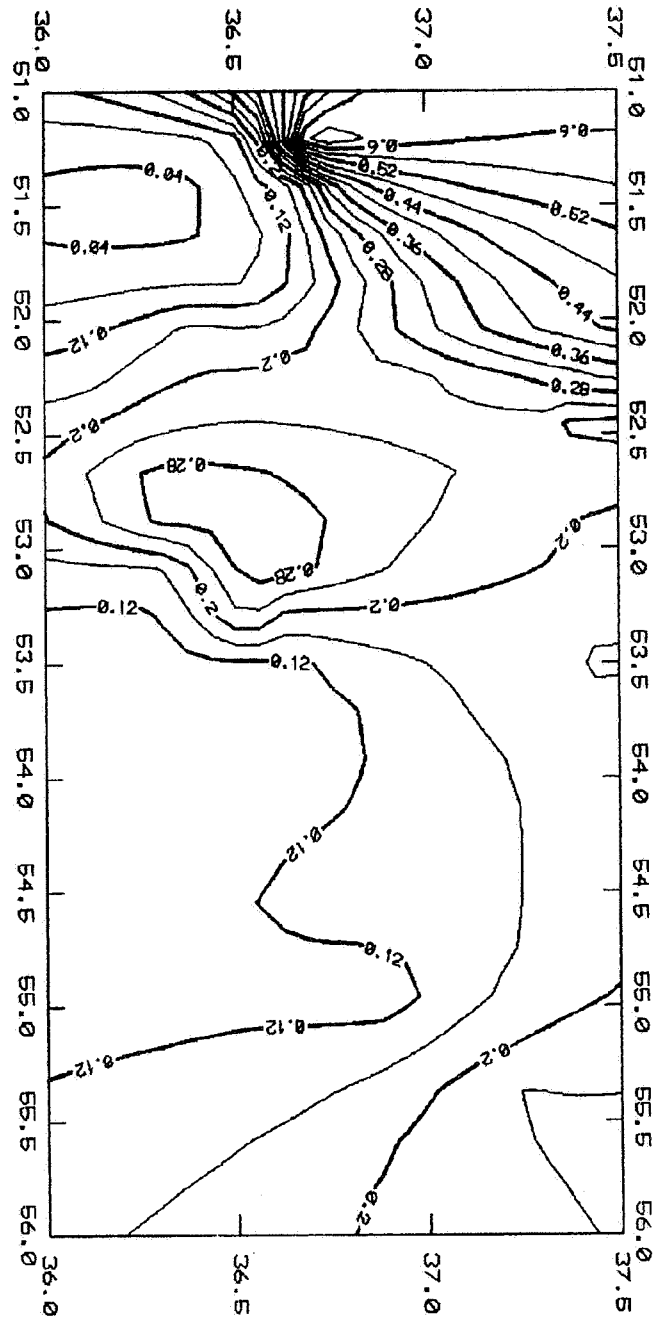
[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]



نمودار ۲- منحنیهای هم ضریب رواناب با دورهٔ برگشت ۲ سال در بخشی از حوضهٔ آبریز شمارهٔ یک ایران

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

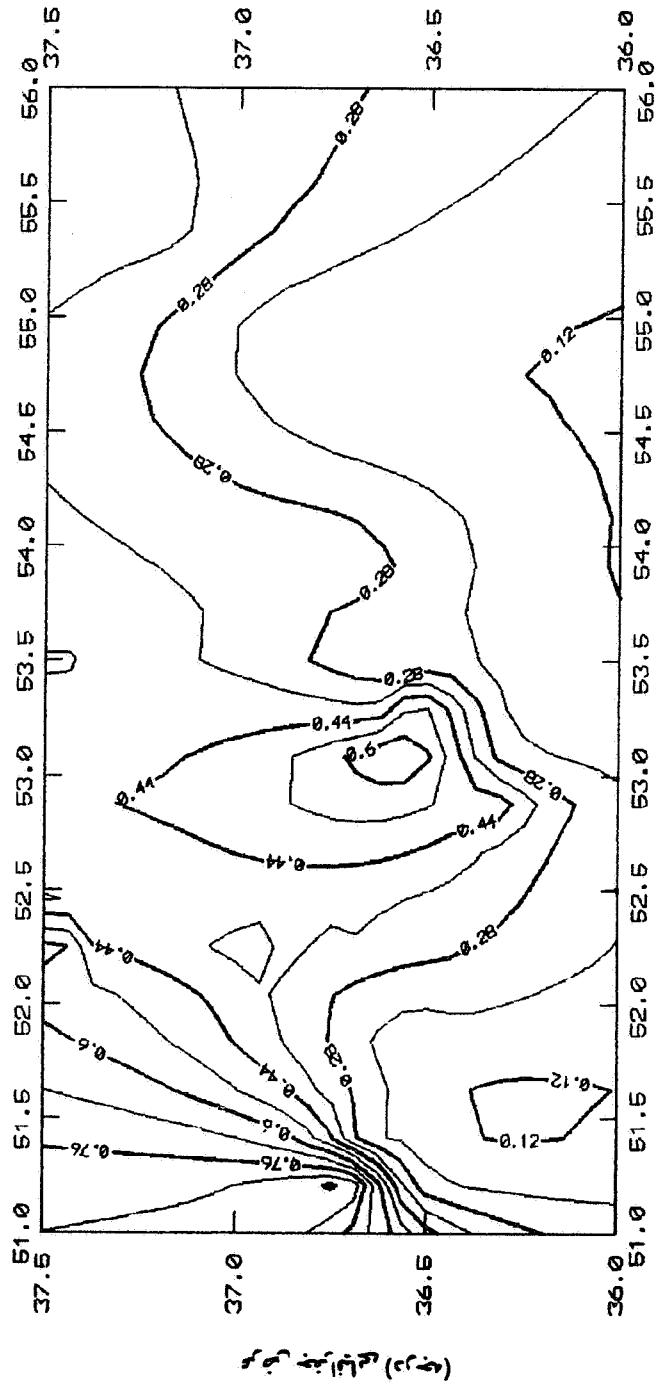
[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]



نمودار ۳- منحنیهای هم ضریب رواناب با دورهٔ برگشت ۲۵ سال در بخشی از حوضهٔ آبریز شمارهٔ یک ایران

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]



نمودار ۴ - منحنیهای هم ضریب رواناب با دورهٔ برگشت ۱۰۰ سال در بخشی از حوضهٔ آبریز شمارهٔ یک ایران

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

جدول ۶- ضرایب رواناب با دوره‌های برگشت متفاوت برای زیر حوضه‌های مختلف منطقهٔ طرح

ردیف	نام‌رودخانه	نام‌ایستگاه	C(۲)	C(۵)	C(۱۰)	C(۲۵)	C(۵۰)	C(۱۰۰)
۱	سرداب‌رود	والت	۰/۰۲۸	۰/۰۴۶	۰/۰۶۷	۰/۱۱۳	۰/۱۶۸	۰/۲۴۸
۲	پلنگ‌آب‌رود	کلارآباد	۰/۳۳۱	۰/۳۸۵	۰/۵۳۱	۰/۶۸۱	۰/۸۱۴	۰/۹۴۳
۳	اسپه‌رود	کلارآباد	۰/۳۶۷	۰/۳۹۸	۰/۵۵۱	۰/۶۲۲	۰/۷۴۲	۰/۸۸۹
۴	سرداب‌رود	سرداب‌رود	۰/۰۴۸	۰/۰۶۲	۰/۰۷۸	۰/۱۰۶	۰/۱۳۶	۰/۱۷۵
۵	کورکورسر	کورکورسر	۰/۱۷۴	۰/۲۱۱	۰/۲۳۸	۰/۲۷۲	۰/۲۹۸	۰/۳۲۴
۶	خیررود	خیررودکنار	۰/۰۶۸	۰/۰۸۴	۰/۰۹۳	۰/۱۰۴	۰/۱۲۹	۰/۲۲۸
۷	کنس‌رود	عالم‌کلا	۰/۰۲۲	۰/۰۴۲	۰/۰۶۰	۰/۰۸۹	۰/۱۱۵	۰/۱۴۶
۸	لاویج	تنگه‌لاویج	۰/۰۷۷	۰/۱۱۴	۰/۱۴۱	۰/۱۷۹	۰/۲۱۰	۰/۲۴۳
۹	نمارستاق	پنجاب	۰/۰۵۵	۰/۰۸۰	۰/۱۰۳	۰/۱۴۱	۰/۱۷۶	۰/۲۱۸
۱۰	بابل‌رود	قران‌طالار	۰/۲۴۲	۰/۲۸۵	۰/۳۰۱	۰/۳۱۶	۰/۳۲۴	۰/۳۳۰
۱۱	شیرگاه	کسیلیان	۰/۰۸۴	۰/۱۴۰	۰/۱۹۳	۰/۲۸۵	۰/۳۷۹	۰/۴۸۸
۱۲	لاجیم	واستان	۰/۰۷۱	۰/۰۹۱	۰/۱۰	۰/۱۰۴	۰/۱۱۱	۰/۱۳۹
۱۳	داراب‌کلا	داراب‌کلا	۰/۱۰۸	۰/۱۴۹	۰/۲۱۵	۰/۳۵۵	۰/۵۷۳	۰/۸۸۷
۱۴	نکا	پایین‌زرندین	۰/۰۷۹	۰/۰۹۳	۰/۱۲۵	۰/۱۲۷	۰/۱۴۸	۰/۱۸۷
۱۵	گز	وطنا	۰/۰۳۰	۰/۰۵۲	۰/۰۶۶	۰/۱۰۵	۰/۱۸۹	۰/۳۳۵
۱۶	گرماب‌دشت	سنگ‌ورزش	۰/۱۰۴	۰/۱۱۵	۰/۱۳۲	۰/۱۳۹	۰/۱۴۴	۰/۱۵۱
۱۷	سرمه‌رود	زرین‌گل	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۵	۰/۰۹۵	۰/۱۱۶	۰/۱۴۱
۱۸	چهل‌چای	لزوره	۰/۱۰۴	۰/۱۳۶	۰/۱۷۳	۰/۲۴۲	۰/۳۰۸	۰/۳۹۵

E = درصد خطا

Q_o = مقدار دبی مشاهده شده

Q_c = مقدار دبی محاسبه شده

دبی‌های سه ایستگاه هیدرومتری در منطقه مورد مطالعه که در محاسبات ضرایب رواناب مورد استفاده قرار نگرفته بود از روش استدلالی - احتمالی و نیز روش چاو و همکاران (۱۴) محاسبه شد. سپس درصد خطای این دو روش با مقادیر دبی مشاهده شده به دست آمد. این سه ایستگاه عبارتند از:

الف - ایستگاه تقی‌آباد برروی رودخانهٔ جعفرآباد، با مساحت حوضهٔ ۱۰۸ کیلومتر مربع، زمان تمرکز ۱/۵ ساعت و شیب حوضهٔ ۱۲ درصد که در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه قرار دارد. محاسبات دبی این ایستگاه در جدول ۷ آورده شده است.

ب - ایستگاه امامزاده (گرگان) بر روی رودخانهٔ قرن‌آباد، با مساحت حوضهٔ ۷۳ کیلومتر مربع، زمان تمرکز ۵۱ دقیقه و شیب حوضهٔ ۱۹ درصد که در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه قرار دارد. نتایج در جدول ۸ آورده شده است.

ج - ایستگاه شیرآباد بر روی رودخانهٔ سیاه‌رود، با مساحت حوضهٔ 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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

جدول ۷- مقایسهٔ دبی‌های حداکثر مشاهده شده و محاسبه شده با استفاده از ضرایب روش استدلالی-احتمالی و جدول چاو و همکاران (۱۴) در ایستگاه تقی‌آباد بر روی رودخانهٔ جعفرآباد

دورهٔ برگشت (سال)	ضریب رواناب محاسبه شده	ضریب رواناب چاو	شدت بارندگی (میلیمتر بر ساعت)	دبی مشاهده شده (متر مکعب بر ثانیه)	دبی محاسبه شده از روش استدلالی - احتمالی (متر مکعب بر ثانیه)	دبی‌محاسبه شده از روش چاو (متر مکعب بر ثانیه)	درصدخطای روش استدلالی- احتمالی	درصد خطای روش چاو
۲	۰/۰۹۰	۰/۳۵	۱/۹۵	۷/۵۲	۵/۲۷	۲۰/۴۹	۲۹/۹۲	۱۷۲/۴۷
۵	۰/۰۹۹	۰/۳۹	۳/۴۳	۱۸/۱۱	۱۰/۱۹	۴۰/۱۶	۴۳/۷۳	۱۲۱/۷۶
۱۰	۰/۱۱۰	۰/۴۱	۴/۴۱	۳۱/۳۲	۱۴/۵۶	۵۴/۲۹	۵۳/۵۱	۷۳/۳۴
۲۵	۰/۱۲۰	۰/۴۵	۵/۶۵	۶۰/۳۲	۲۰/۳۶	۷۶/۳۴	۶۶/۲۵	۲۶/۵۶
۵۰	۰/۱۵۵	۰/۴۸	۶/۵۷	۹۶/۰۰	۳۰/۵۷	۹۴/۶۸	۶۸/۱۶	۱/۳۸
۱۰۰	۰/۱۹۰	۰/۵۲	۷/۴۸	۱۵۰/۶	۴۲/۶۷	۱۱۶/۷۸	۷۱/۶۷	۲۲/۱۸

جدول ۸- مقایسهٔ دبی‌های حداکثر مشاهده شده و محاسبه شده با استفاده از ضرایب روش استدلالی-احتمالی و جدول چاو و همکاران (۱۴) در ایستگاه امامزاده بر روی رودخانهٔ قرن‌آباد

دورهٔ برگشت (سال)	ضریب رواناب محاسبه شده	ضریب رواناب چاو	شدت بارندگی (میلیمتر بر ساعت)	دبی مشاهده شده (متر مکعب بر ثانیه)	دبی محاسبه شده از روش استدلالی - احتمالی (متر مکعب بر ثانیه)	دبی محاسبه شده از روش چاو (متر مکعب بر ثانیه)	درصدخطای روش استدلالی- احتمالی	درصد خطای روش چاو
۲	۰/۱۰۰	۰/۳۵	۲/۵۵	۰/۵۹	۵/۱۷	۱۸/۱۱	۷۷۶/۲۷	۲۹۶۹/۴۹
۵	۰/۱۱۰	۰/۳۹	۴/۴۴	۱/۳۵	۹/۹۱	۳۵/۱۴	۶۳۴/۰۷	۲۵۰۲/۹۶
۱۰	۰/۱۱۷	۰/۴۱	۵/۶۹	۲/۳۳	۱۳/۵۱	۴۷/۳۴	۴۷۹/۸۳	۱۹۳۱/۷۶
۲۵	۰/۱۲۵	۰/۴۵	۷/۲۸	۴/۶۰	۱۸/۴۷	۶۶/۴۸	۳۰۱/۵۲	۱۳۴۵/۲
۵۰	۰/۱۵۴	۰/۴۸	۸/۴۵	۷/۶۲	۲۶/۴۱	۸۲/۳۱	۲۴۶/۵۹	۹۸۰/۱۸
۱۰۰	۰/۱۸۴	۰/۵۲	۹/۶۲	۱۲/۵۷	۳۵/۹۲	۱۰۱/۵۲	۱۸۵/۷۶	۷۰۷/۶۴

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

جدول ۹- مقایسهٔ دبی‌های حداکثر مشاهده شده و محاسبه شده با استفاده از ضرایب روش استدلالی-احتمالی و جدول چاو و همکاران (۱۴) در ایستگاه شیرآباد بر روی رودخانهٔ سیاه‌رود

دورهٔ برگشت (سال)	ضریب رواناب محاسبه شده	ضریب رواناب چاو	شدت بارندگی (میلیمتر بر ساعت)	دبی مشاهده شده (متر مکعب بر ثانیه)	دبی محاسبه شده از روش استدلالی - احتمالی (متر مکعب بر ثانیه)	دبی محاسبه شده از روش چاو (متر مکعب بر ثانیه)	درصدخطای روش استدلالی- احتمالی	درصد خطای روش چاو
۲	۰/۰۸۰	۰/۳۵	۳/۰۴	۱۶/۳۴	۶/۱۲	۲۶/۷۷	۶۲/۵۴	۶۳/۸۳
۵	۰/۰۹۲	۰/۳۹	۵/۸۹	۳۳/۴۰	۱۳/۶۳	۵۷/۷۹	۵۹/۱۹	۷۳/۰۲
۱۰	۰/۱۰۷	۰/۴۱	۷/۷۷	۴۴/۶۹	۲۰/۹۲	۸۰/۱۵	۵۳/۱۹	۷۹/۳۵
۲۵	۰/۱۲۱	۰/۴۵	۱۰/۱۴	۵۸/۹۶	۳۰/۸۷	۱۱۴/۸۰	۴۷/۶۴	۹۴/۷۱
۵۰	۰/۱۵۸	۰/۴۸	۱۱/۹۱	۶۹/۵۵	۴۷/۳۴	۱۴۳/۸۳	۳۱/۹۳	۱۰۶/۸۰
۱۰۰	۰/۱۹۶	۰/۵۲	۱۳/۶۶	۸۰/۰۶	۶۷/۳۶	۱۷۸/۷۱	۱۵/۸۶	۱۲۳/۲۲

این ایستگاه در جدول ۹ ارائه شده است.

با توجه به جدول ۷، درصد خطای روش استدلالی-احتمالی نسبت به روش چاو در دبی با دورهٔ برگشت ۲ سال کمتر و در دبی با دورهٔ برگشت ۱۰۰ سال بیشتر است. در جدول ۸، گرچه هر دو روش استدلالی-احتمالی و چاو درصد خطای زیادی دارند اما روش استدلالی-احتمالی، دبی‌ها را تقریباً ۵/۵ برابر کمتر از روش چاو به دست می‌آورد. در جدول ۹ نیز در مجموع روش استدلالی-احتمالی بهتر از روش چاو است. رهرو (۷) نیز در مطالعه‌ای در حوضهٔ آبریز جنوب اصفهان نشان داد که ضرایب رواناب به دست آمده از روش منطقی نسبت به ضرایب تجربی چاو و همکاران (۱۴)، از مقادیر کمتری برخوردارند.

نتیجه‌گیری

معمولاً در طراحی ابنیه و سازه‌های هیدرولیکی که برای جلوگیری از خسارات ناشی از سیل اجرا می‌گردد، از حداکثر دبی سیلاب با دوره‌های برگشت طولانی استفاده می‌شود. روش مرسوم برای محاسبهٔ حداکثر دبی سیلاب در حوضه‌های شهری و کوچک کشاورزی روش استدلالی می‌باشد. در این مطالعه، روش استدلالی - احتمالی با دقت قابل توجه معرفی و در مورد بخشی از حوضهٔ آبریز دریای مازندران استفاده شده است. مهم‌ترین گام برای استفاده از این روش، تعیین ضرایب رواناب با دوره‌های برگشت مختلف می‌باشد. با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری TR ، شدتهای بارندگی ایستگاههای باران سنجی و دبی‌های حداکثر لحظه‌ای مشاهده شده مورد مطالعه و تحلیل فراوانی قرار گرفتند و با استفاده از آنها ضرایب رواناب با دوره‌های برگشت مختلف محاسبه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که ضرایب رواناب به دست آمده کمتر از مقادیر داده شده در مراجع معتبر (نظیر چاو و همکاران، ۱۹۸۸) است. کاربرد این ضرایب برای سه ایستگاه هیدرومتری در منطقه که در تحلیلهای اولیه مورد استفاده قرار نگرفته بود نشان داد که روش استدلالی - احتمالی بهتر از روش چاو و همکاران (۱۴) مقادیر دبی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

حداکثر لحظه‌ای را بر آورد می‌کند.

پیشنهادها

۱ـ این تحقیق برای قسمتی از حوضهٔ آبریز رودخانه‌های ساحلی شمال ایران (بخش شرقی و مرکزی حوضهٔ آبریز اصلی شمارهٔ یک) انجام گرفته است. پیشنهاد می‌شود که این کار برای کل ایران به صورت یک طرح پژوهشی انجام گیرد.

۲ـ با توجه به کمبود تعداد ایستگاهٔ ثبات بارندگی، برای بالا بردن دقت طرحها باید ایستگاههای بیشتری تأسیس نمود و سپس نقشه‌های هم شدت بارندگی ترسیم شود.

۳ـ این طرح برای دوره‌های برگشت ۲ تا ۱۰۰ سال انجام گردیده که می‌توان در صورت لزوم آن را برای دوره‌های برگشت بیشتر از ۱۰۰ سال هم انجام داد. برای این عمل به آمار طولانی مدت احتیاج است. با گذشت زمان و افزایش تعداد سالهای آماری، دقت نقشه‌های هم ضریب رواناب ترسیمی افزایش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

۱ ـ افشار، ع. ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی. چاپ دوم، مرکز نشردانشگاهی، ۴۵۰ صفحه.

۲ ـ بزرگ‌نیا، ا.، ا. علیزاده، م. نقیب‌زاده و ح. خیابانی. ۱۳۶۹. تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی. چاپ اول، آستان قدس رضوی، ۳۰۰ صفحه.

۳ ـ تماب. ۱۳۷۵. گزارش تلفیق مطالعات منابع آب رودخانه‌های مازندران. ۳ جلد، وزارت نیرو.

۴ ـ تماب. ۱۳۷۶. بولتن وضعیت منابع آب کشور. شماره ۱۴، نیروچاپ، ۱۹۴ صفحه.

۵ – جمشیدنژاد عنبرانی، ج. ۱۳۷۷. تخمین ضرایب رواناب در حوضه‌های آبریز دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۰۹ صفحه.

۶ ـ رستم افشار، ن. ۱۳۷۵. مهندسی منابع آب. چاپ اول، وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، ۲۹۶ صفحه.

۷ ـ رهرو، ر. ۱۳۷۶. برآورد دبی اوج رواناب شهری برای حوضه جنوب اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۹۶ صفحه.

۸ ـ رئیسیان، ر. ۱۳۷۶. بررسی تأثیر شدت بارندگی، شیب زمین، بافت خاک و پوشش گیاهی بر میزان نفوذ و رواناب در چند حوضه آبخیز استان چهارمحال و بختیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۹ صفحه.

۹ ـ زرگر، ا. ۱۳۷۴. بررسی تأثیر بارندگی، پاره‌ای از ویژگیهای هندسی و مدیریت اراضی بر مقدار رواناب کل آبخیز. مؤسسهٔ تحقیقات جنگلها و مراتع، ۴۶ صفحه.

۱۰ ـ ضیائی، ح. ۱۳۷۰. کاربرد آمار در هیدرولوژی مهندسی. چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی تهران، ۳۳۴ صفحه.

۱۱ ـ علیزاده، ا. ۱۳۷۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ ششم، دانشگاه امام رضا(ع) مشهد، ۶۳۴ صفحه.

۱۲ ـ نجمایی، م. ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی. جلد ۲، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

۱۳ – واحد مطالعات آب و خاک. ۱۳۶۹. راهنمای بهره برداری از برنامه TR. جهاد سازندگی استان تهران.

14- Chow, V.T., D.R. Maidment and L.W. Mays. 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill International Edition. 596 p.

15- Froehlich, D.C. 1994. Short-duration-rainfall intensity equations for drainage design. ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng. 119(5):814-828.

16- Hawkins, R.H., A.T. Hjelmfelt and A.W. Zevenbergen. 1986. Runoff probability, storm depth, and curve numbers. ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng. 111(4): 330-340.

17- Hotchkiss, R.H. and B.E. McCallum. 1995. Peak discharge for small agricultural watersheds. J. Hyd. Eng. 121(1):36-48.

18- Hromadka II, T.V. and R.J. Whitley. 1996. Rational-method equation and HEC TD-15. ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng. 122(1):15-18.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]

19- Linsley, R.K. 1986. Flood estimation: how good are they. Water Resour. Res. 22(9):159S-164S.

20- 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.

21- Pilgrim, D.H. 1978. Runoff coefficients for design flood estimation. The Shire and Municipal Record 71(4):176-183.

22- Pilgrim, D.H. 1986. Bridging the gap between flood research and design practice. Water Resour. Res. 22(9):165S-176S.

23- 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.

24- Titmarsh, G.W., I. Cordery and D.H. Pilgrim. 1995. Calibration procedures for rational and USGS design flood methods. J. Hyd. Eng. 121(1):61-70.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-30]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1378.3.2.8.6]