

تعیین دبی حداکثر سیلاب با استفاده از روش ترسیمی SCS در حوزه‌های آبخیز کوچک^۱

محمد رضا یزدانی^۲ محمد مهدوی^۳ ابراهیم حسینی چگینی^۴

چکیده

با توجه به اینکه اکثر حوزه‌های آبخیز کوچک کشور فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند، برای تعیین دبی حداکثر سیلاب، نیاز به روش مناسبی است تا در برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی برای کنترل سیل و فرسایش مورد استفاده قرار گیرد. از جمله این روش‌ها، روش ترسیمی تعیین دبی حداکثر سیلاب، ارائه شده توسط سازمان کشاورزی ایالات متحده آمریکا، سرویس حفاظت منابع طبیعی است. در این تحقیق برای بررسی این روش، ۱۹ حوزه از سه منطقه کشور با توجه به محدودیت‌های موجود، به شرح زیر انتخاب شدند: منطقه کرج - قزوین (منطقه ۱)، منطقه شمال (منطقه ۲) و منطقه آذربایجان (منطقه ۳). با بررسی این روش در سه منطقه، مشخص شد که کاربرد بارش تیپ II با کمترین خطا همراه است. با توجه به نتایج و بررسی‌های صورت گرفته، این روش برای مناطق ۱ و ۳ مناسب، ولی استفاده از آن در منطقه ۲ (شمال البرز)، دارای خطای زیادی است.

واژه‌های کلیدی: دبی اوج، شماره منحنی و روش ترسیمی برآورد رواناب

۱- تاریخ دریافت: ۷۹/۱۰/۱۴، تاریخ تصویب نهایی: ۸۰/۶/۲۶

۲- کارشناس ارشد آبخیزداری

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

مقدمه

تعیین دبی حداکثر در حوزه‌های آبخیز کوچک، به‌علت عدم وجود آمار، اهمیت ویژه‌ای دارد و در طراحی سازه‌های هیدرولیکی از قبیل سرریزها، سازه‌های مهار و پخش سیلاب و طراحی مجاری زهکش، به اطلاعات کاملی در مورد میزان و دبی حداکثر سیلاب نیاز است (۹). از طرف دیگر، برای ارزیابی حوزه‌های آبخیز و کنترل فرسایش، نیاز به بررسی حداکثر سیلاب است. بررسی کارایی روش‌های انتخاب شده بستگی به نوع مشکل، اطلاعات موجود و مکانیزم رواناب دارد (۱۱). در کشور ما، مطالعات صورت‌گرفته درخصوص تعیین دبی حداکثر سیلاب در حوزه‌های آبخیز کوچک، بیشتر براساس فرمول‌های تجربی و عمدتاً بر مبنای سطح حوزه بوده است. در بعضی از طرح‌های کشور، برای تعیین دبی حداکثر از فرمول کریگر استفاده شده است (۹). سلاجقه (۱۳۷۳) با استفاده از روش‌های تجربی اقدام به تعیین دبی حداکثر سیلاب در حوزه‌های آبخیز کوچک نموده و سپس ضرایب فرمول‌های تجربی را کالیبره کرده است. کیمیایی (۱۳۷۴) روش SCS را برای برآورد رواناب در منطقه ليقوان آذربایجان شرقی به‌کار برده و به این نتیجه رسیده است که این روش در شماره منحنی‌های بالا خیلی حساس است و در تعیین دبی و بارش مازاد دقت خوبی دارد. نساجی زواره (۱۳۷۸) به بررسی دبی حداکثر سیلاب با روش SCS و کوک در چند حوزه از البرز پرداخته و بیان نموده است که روش SCS برآورد بهتری از دبی حداکثر سیلاب نسبت به روش کوک دارد.

در انجام این تحقیق، از روش ترسیمی تعیین دبی اوج، ارائه‌شده توسط سازمان کشاورزی ایالات متحده آمریکا، سرویس حفاظت

منابع طبیعی (۱۹۸۶) استفاده شد (۱۸، ۱۹ و ۲۱). این روش برای حوزه‌های آبخیز کوچک، بخصوص حوزه‌های شهری ارائه شده است.

مواد و روش‌ها**مشخصات مناطق مورد مطالعه**

برای تعیین دبی اوج با روش ترسیمی SCS، ۱۹ حوزه آبخیز از سه منطقه کشور انتخاب شدند. منطقه یک (کرج- قزوین) در بخش شمالی حوزه مرکزی ایران قرار دارد و، شامل ۴ حوزه آبخیز است. ارتفاع حوزه از ۸۰۰ تا ۴۳۷۵ متر تغییر می‌کند. میانگین بارندگی سالانه از کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در بخش جنوب‌شرقی تا بالغ بر ۸۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات شمالی تغییر می‌کند. منطقه دو در شمال رشته‌کوه‌های البرز قرار دارد و، شامل ۸ حوزه آبخیز است. ارتفاع منطقه از کمتر از سطح دریا تا بیشتر از ۴۸۲۰ متر از سطح دریا تغییر می‌کند. میانگین بارندگی سالانه منطقه از ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر متغیر است. منطقه سه (آذربایجان) در اطراف دریاچه ارومیه قرار دارد و شامل ۷ حوزه آبخیز است. ارتفاع آن از ۱۲۸۰ متر تا ۳۸۰۰ متر از سطح دریا متغیر است. میانگین بارندگی سالانه از ۳۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر تغییر می‌کند. رژیم بارش در منطقه یک، مدیترانه‌ای، در منطقه دو، شبه‌مدیترانه‌ای بدون فصل خشک تا مدیترانه‌ای و در منطقه سه، رژیم بارش، مدیترانه‌ای بعضاً شبه‌مدیترانه‌ای است. خصوصیات فیزیوگرافی حوزه‌های انتخابی در جدول ۱ آمده است.

روش ترسیمی SCS برای اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط سرویس حفاظت منابع طبیعی، سازمان کشاورزی ایالات متحده آمریکا ارائه شد. این روش برای حوزه‌های آبخیز با زمان تمرکز ۰/۱ تا ۵ ساعت برای بارش ۲۴ ساعته با

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیوگرافی حوزه‌های انتخابی

منطقه	شماره حوزه	نام رودخانه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	شیب آبراهه اصلی (درصد)	مساحت حوزه (کیلومتر مربع)	ارتفاع حداکثر حوزه (متر)	ارتفاع حداقل حوزه (متر)	
۱	۱	بهبخت آباد	بهبخت آباد	۵۰،۲۳	۲۶،۰۹	۱۶/۷۵	۸/۲	۴۰	۲۲۰۰	۱۳۸۰	
	۲	اروان	پل اروان	۴۹،۱۲	۲۵،۳۸	۱۳	۵	۱۰۰	۲۴۰۰	۱۷۴۰	
	۳	اروان	ده اروان	۴۹،۱۱	۲۵،۳۷	۷/۲۵	۷/۳	۲۸	۲۴۰۰	۱۸۷۰	
	۴	آشنستان	آشنستان	۵۰،۱۱	۲۶،۱۷	۱۳/۵	۱۵/۹	۳۲	۲۴۶۰	۱۴۶۰	
۲	۵	سموش	هراتیر	۵۰،۱۸	۲۶،۵۹	۲۱/۵	۱۵/۳	۱۰۲	۳۵۸۰	۱۲۰۰	
	۶	لوندیل	باش محله	۴۸،۵۱	۲۸،۲۰	۱۵	۶/۲	۳۷/۱	۲۱۰۰	-۱۹	
	۷	چوبر	چوبر بالامحله	۴۸،۵۱	۲۸،۱۲	۱۸	۹/۸	۷۰/۵	۲۲۲۰	-۲۲	
	۸	کانرودبالا	کانرود	۴۸،۵۰	۲۸،۲۲	۱۰/۵	۷/۲	۲۸/۸	۱۳۰۰	-۲۰	
	۹	لاویج	تنگه لاویج	۵۲،۰۲	۲۶،۲۴	۲۴	۸/۵	۱۰۴/۳۷	۳۲۰۰	۵۰۰	
	۱۰	زیارت	نهارخوران	۵۴،۲۸	۳۶،۲۸	۱۴	۷/۳	۱۰۰	۲۲۵۰	۳۰۰	
	۱۱	شصت کلاته	النگ دره	۵۴،۲۰	۳۶،۴۵	۱۷/۵	۸/۳	۱۰۰	۲۴۸۵	۴۸۰	
	۱۲	باغو	باغو	۵۴،۰۹	۳۶،۴۴	۱۰/۶	۱۶/۶	۲۲/۷	۱۷۸۰	۲۰	
	۳	۱۳	کلزچای	اشنوبه	۴۵،۰۵	۳۷،۰۲	۱۶/۷۵	۵/۲	۱۰۳	۲۰۰۰	۱۴۸۰
		۱۴	بالقچی چای	با یزدآباد	۴۵،۲۰	۳۶،۵۳	۷/۷۵	۴/۳۲	۱۰۰	۱۹۷۰	۱۴۸۰
۱۵		لیقوان چای	لیقوان	۴۶،۲۶	۳۷،۵۰	۱۲/۲۵	۶/۱	۷۶	۳۲۰۰	۲۱۸۰	
۱۶		شیخان چای	شیخان	۴۵،۰۱	۳۶،۵۷	۸/۷۵	۵/۴۱	۶۲/۵	۱۸۰۰	۱۶۵۰	
۱۷		دریای چای	دریای چای	۴۵،۳۷	۳۸،۱۴	۱۲/۶	۸/۰۱	۷۵/۵	۲۸۷۰	۱۶۸۰	
۱۸		چکان چای	چکان چای	۴۶،۱۹	۳۷،۲۱	۲۴/۵	۳/۶۵	۱۰۳/۷	۲۴۸۰	۱۵۶۰	
۱۹		ماهبری	خرمازرد	۴۶،۱۰	۳۷،۱۰	۴/۹	۳/۶	۸۸/۷۵	۱۹۰۰	۱۵۵۰	

$$T_c = 0/0195L^{0.77}S^{-0.385} \quad (1)$$

که در آن L طول آبراهه اصلی به کیلومتر، S شیب آبراهه اصلی بر حسب متر و Tc زمان تمرکز به ساعت است.

۲- محاسبه شماره منحنی رواناب با استفاده از روش معکوس: شماره منحنی رواناب (CN) در هر حوزه از رابطه زیر به دست می‌آید که در آن مقدار S پتانسیل ننگه‌داشت بر حسب میلی‌متر است (۷):

$$CN = \frac{25400}{S + 245} \quad (2)$$

۳- محاسبه مقدار پتانسیل ننگه‌داشت: پس از محاسبه مقدار رواناب، مقدار بارش نظیر آن تعیین شده و مقدار بارش مربوط به پنج روز قبل از وقوع بارش موردنظر نیز تعیین می‌شود. با استفاده از جدول تعیین وضعیت رطوبت پیشین، شرایط رطوبت پیشین مربوط به هر رگبار نیز تعیین می‌گردد. در نهایت، با توجه به مقادیر

تیپ II ارائه شده است. برای محاسبه دبی ویژه حداکثر سیلاب از شکل ۱ استفاده می‌شود (۱۸). روش جدید ترسیمی که کاملتر از روش قبلی، است در سال ۱۹۸۶ برای حوزه‌های آبخیز با زمان تمرکز ۰/۱ تا ۱۰ ساعت برای تیپ‌های مختلف بارش ۲۴ ساعته (I, II, III) ارائه شد. در این روش نیاز به محاسبه شماره منحنی رواناب است. برای محاسبه دبی ویژه حداکثر از شکل‌های ۲ و ۳ استفاده می‌شود (۲۱).

برای محاسبه دبی حداکثر سیلاب، به صورت زیر عمل شده است:

۱- محاسبه زمان تمرکز: برای محاسبه زمان تمرکز حوزه‌های انتخابی، از روش کرپیچ استفاده شد. این روش برای حوزه‌های آبخیز کوچک ارائه شده است (۷) و بسیاری از هیدرولوژیست‌ها برای تعیین زمان تمرکز درحوزه‌های آبخیز کوچک از این روش استفاده می‌کنند (۱۶):

است. هیتوگراف‌های بارش ۲۴ ساعته در شکل ۴ آمده است.

۵- محاسبه دبی حداکثر سیلاب: در مرحله بعد، از شکل‌های ۱، ۲ و ۳ برای محاسبه دبی حداکثر واحد (qu) استفاده می‌شود. دبی حداکثر ارائه شده برحسب فوت مکعب بر ثانیه برای هر اینچ بارش است. برای تبدیل آن به مترمکعب بر ثانیه، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Q_{\max} = 0.028317qu \cdot Q \cdot A \quad (۷)$$

که در آن Q_{\max} دبی حداکثر به مترمکعب بر ثانیه، qu دبی حداکثر واحد (Csm/in)، Q ارتفاع رواناب به اینچ و A مساحت حوزه به مایل مربع است (۲۱).

برای مقایسه نتایج حاصل از سه روش، از مجموع مربعات باقیمانده (RSS) به صورت زیر استفاده شد؛

$$RSS = \left[\frac{\sum (Q_e - Q_0)^2}{n - m} \right]^{0.5} \quad (۸)$$

Q_e مقدار برآورد شده برای هریک از داده‌ها، Q_0 مقدار مشاهده شده برای هریک از داده‌ها، n تعداد داده‌ها و m تعداد پارامتر توزیع مورد استفاده است (۲ و ۴).

نتایج

با استفاده از روابط یک تا پنج، شماره منحنی برای هر بارش تعیین شد. در جداول ۲ تا ۴، شماره منحنی رواناب برای مقادیر جفت شده بارش - رواناب برای حوزه‌های انتخابی ارائه شده است. سپس میانگین شماره منحنی برای هر حوزه آبخیز محاسبه شد (۷). در جدول ۵ میانگین شماره منحنی برای هر حوزه آبخیز آمده است.

جفت شده بارش - رواناب هر سیلاب، با استفاده از فرمول ارائه شده توسط هاوکینز^۱ (۱۹۹۰)، مقدار پتانسیل نگاهداشت به دست می‌آید:

$$S = 5[P + 2Q - (4Q^2 + 5PQ)]^{0.5} \quad (۳)$$

Q ، P و S به ترتیب ارتفاع بارش، ارتفاع رواناب و مقدار نگاهداشت اولیه برحسب میلی‌متر است (۱۳، ۱۴ و ۱۵).

۴- محاسبه ارتفاع رواناب: ارتفاع رواناب از فرمول سرویس حفاظت منابع طبیعی به دست می‌آید بدین ترتیب که برای هر دبی حداکثر لحظه‌ای مشاهده شده در حوزه، بارش متناظر با آن از روی آمار ثبت شده در هر ایستگاه به دست می‌آید. سپس با استفاده از رابطه زیر برای هر دبی حداکثر لحظه‌ای مشاهده شده، ارتفاع رواناب حاصل می‌شود:

$$Q = \frac{Q_{\max} \cdot T_p}{2.083A} \quad (۴)$$

Q_{\max} دبی حداکثر سیلاب به مترمکعب بر ثانیه، T_p زمان تا اوج برحسب ساعت، A مساحت حوزه به کیلومترمربع و Q ارتفاع رواناب به سانتی‌متر است. زمان تا اوج حوزه از رابطه زیر به دست می‌آید:

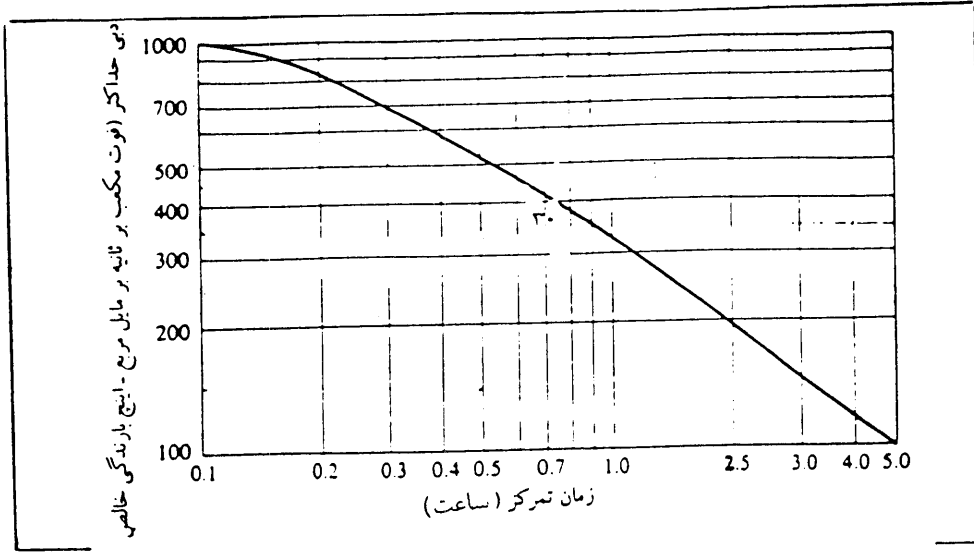
$$T_p = \sqrt{T_c} + 0.6T_c \quad (۵)$$

که در آن T_p زمان تا اوج و T_c زمان تمرکز به دقیقه است (۷). برای هر حوزه، چند بارش را انتخاب نموده و پس از محاسبه شماره منحنی برای هر بارش، میانگین آنها محاسبه می‌شود تا در نهایت یک شماره منحنی برای حوزه آبخیز تعیین گردد. سپس مقدار نگاهداشت اولیه از رابطه زیر به دست می‌آید:

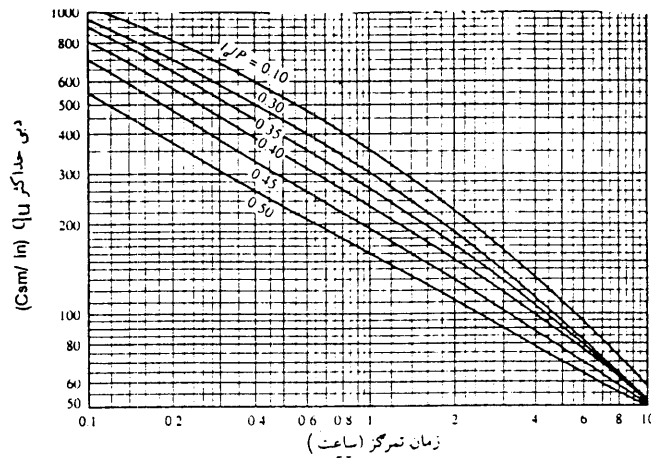
$$I_a = 0.2S \quad (۶)$$

I_a مقدار نگاهداشت اولیه به میلی‌متر است. همچنین تابع بدون بعد I_a/p حاصل می‌شود که در آن P مقدار بارش ۲۴ ساعته به میلی‌متر

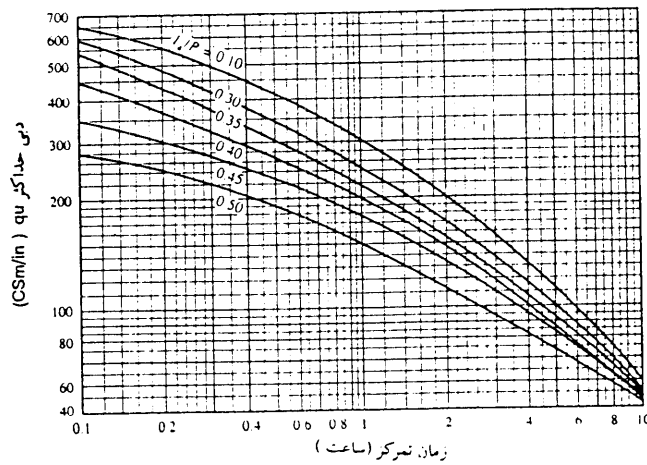
^۱ - Hawkins



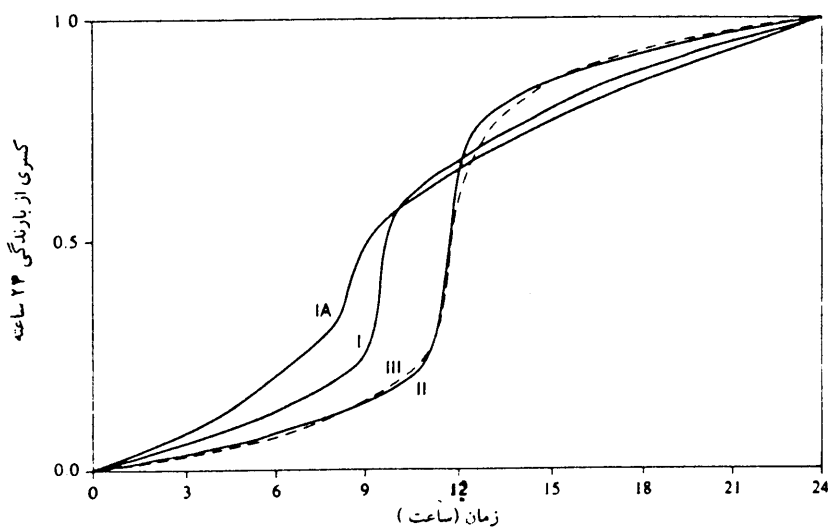
شکل ۱- دبی ویژه حداکثر برای بارش ۲۴ ساعته (ارائه شده توسط سرویس حفاظت آمریکا، ۱۹۷۵)



شکل ۲- دبی ویژه حداکثر برای بارش ۲۴ ساعته با تیپ II (ارائه شده توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا، ۱۹۸۶)



شکل ۳- دبی ویژه حداکثر برای بارش ۲۴ ساعته با تیپ III (ارائه شده توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا، ۱۹۸۶)



شکل ۴- هیتوگراف‌های بارش ۲۴ ساعته (ارائه شده توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا، ۱۹۸۶)

در مرحله بعد، با استفاده از شکل‌های ۱، ۲ و ۳ دبی ویژه حداکثر سیلاب محاسبه گردید. سپس با استفاده از رابطه ۷، دبی حداکثر سیلاب برای هر بارش محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۶ آمده است. در جدول ۷ مجموع مربعات باقیمانده برای ۳ منطقه ارائه شده است.

جدول ۲- شماره منحنی رواناب به دست آمده از روش معکوس برای مقادیر جفت شده بارش -

رواناب در منطقه ۱

شماره حوضه	شماره منحنی رواناب	وضعیت رطوبت پیشین	مقدار بارش پنج‌روز قبل از سیلاب (میلی‌متر)	مقدار نگه‌داشت (میلی‌متر)	ارتفاع بارش (میلی‌متر)	ارتفاع رواناب (میلی‌متر)	دبی حداکثر سیلاب (متر مکعب بر ثانیه)	زمان تا اوج (ساعت)	زمان تمرکز (ساعت)	شماره حوضه
۱-۱	۸۲	I	۰	۵۷	۲۰	۱/۱	۸/۵۵	۱/۰۷	۱/۵۲	۱-۱
۲-۱	۹۱	I	۰	۳۴/۴	۸	۳۵	۲/۷۵	۱/۰۷	۱/۵۲	۲-۱
۳-۱	۷۰	I	۰	۱۰۶/۲۵	۳۳	۱/۱۷	۹/۱۱	۱/۰۷	۱/۵۲	۳-۱
۱-۲	۹۰	I	۶	۴۷	۸	۰/۲۳	۴/۵	۱/۰۶	۱/۵۱	۱-۲
۲-۲	۷۹	I	۰	۸۱	۲۹	۲/۷۳	۵۳/۶	۱/۰۶	۱/۵۱	۲-۲
۱-۳	۸۱	I	۲۱/۵	۵۹/۵	۱۸	۰/۵۷	۱۱/۱۷	۱/۰۶	۰/۸۳	۱-۳
۲-۳	۸۵	II	۳۸	۴۶/۲	۱۴	۰/۴۴	۴/۱۸	۰/۶۲	۰/۸۳	۲-۳
۳-۳	۷۷	II	۳۲	۷۷/۲	۲۰	۰/۲۵	۲/۳۸	۰/۶۲	۰/۸۳	۳-۳
۴-۳	۷۳	II	۱۷	۵۰/۵	۱۸	۱/۰۷	۱۰/۱	۰/۶۲	۰/۸۳	۴-۳
۱-۴	۹۲	I	۱۲	۲۲/۹	۱۲	۱/۸۲	۱۶/۶	۰/۷۳	۰/۹۹	۱-۴
۲-۴	۹۳	I	۱۲	۲۰	۸/۵	۰/۸۲	۷/۵	۰/۷۳	۰/۹۹	۲-۴
۳-۴	۸۸	I	۲۲	۳۴/۸	۱۲	۰/۶۴	۵/۸	۰/۷۳	۰/۹۹	۳-۴

جدول ۳- شماره منحنی رواناب به دست آمده از روش معکوس برای مقادیر جفت شده بارش -

رواناب در منطقه ۲

شماره منحنی	وضعیت رطوبت	مقدار بارش	مقدار	ارتفاع	ارتفاع	دبی حداکثر	زمان تا	زمان	شماره
رواناب	پیشین	پنج روز قبل	نگه داشت	بارش	رواناب	سیلاب	اوج	تمرکز	حوزه
		از سیلاب (میلی متر)	(میلی متر)	(میلی متر)	(میلی متر)	(مترمکعب بر ثانیه)	(ساعت)	(ساعت)	
۶۲	I	۱۰	۱۵۴/۵	۵۰	۲/۱	۳۴/۸	۱/۰۲	۱/۴۵	۱-۵
۵۳	III	۵۳	۲۸۸/۷	۶۸	۱/۹۷	۴۱/۱	۱/۰۲	۱/۴۵	۲-۵
۶۰	III	۱۰۱	۱۷۲	۶۰	۳/۳۱	۶۹	۱/۰۲	۱/۴۵	۳-۵
۳۶	I	.	۴۵۷	۱۳۲	۳/۳۱	۲۳/۵	۱/۰۹	۱/۵۵	۱-۶
۵۲	I	.	۲۳۸/۸	۸۵	۵/۰۲	۳۵/۶	۱/۰۹	۱/۵۵	۲-۶
۵۸	I	.	۱۸۲/۲	۶۱	۲/۹۲	۲۰/۷	۱/۰۹	۱/۵۵	۳-۶
۵۶	II	۲۱	۲۰۰/۸	۵۱	۰/۵۶	۷/۷	۱/۰۶	۱/۵	۱-۷
۶۰	II	۳۳	۱۷۰/۷	۵۷	۲/۷	۳۷/۴	۱/۰۶	۱/۵	۲-۷
۶۰	III	۶۰	۱۶۶/۵	۵۰	۱/۵۲	۲۱/۱	۱/۰۶	۱/۵	۳-۷
۶۲	III	۷۶	۱۵۷/۵	۶۲	۴/۹۵	۳۷/۱	۰/۸	۱/۱۱	۱-۸
۴۶	III	۱۵۰	۲۹۵/۶	۸۴	۱/۵۳	۱۴/۵	۰/۸	۱/۱۱	۲-۸
۶۱	III	۳۲	۱۶۱/۱	۵۲	۲/۱۶	۱۶/۲	۰/۸	۱/۱۱	۳-۸
۴۵	I	.	۳۱۷/۷	۱۰۵	۵/۱۳	۳۸/۵	۰/۸	۱/۱۱	۴-۸
۶۲	I	.	۱۶۰/۳	۸۰	۱۶/۰۳	۱۷۵	۱/۳۷	۱/۹۸	۱-۹
۸۵	I	۱۵	۴۵/۷	۱۳	۰/۳	۴/۷۶	۱/۳۷	۱/۹۸	۲-۹
۷۸	III	۳۳	۳۷/۵	۲۲	۰/۶۶	۱۰/۴۷	۱/۳۷	۱/۹۸	۳-۹
۶۰	I	.	۱۶۰/۳	۸۰	۱۱/۰۳	۱۷۵	۱/۳۷	۱/۹۸	۴-۹
۶۸	I	۴	۱۱۸/۸	۲۸	۰/۱۴	۳/۰۸	۰/۹۸	۱/۳۸	۱-۱۰
۵۵	I	۱	۲۰۳/۷	۴۵	۰/۰۹	۱/۸۵	۰/۹۸	۱/۳۸	۲-۱۰
۵۸	I	.	۱۸۲/۶	۵۰	۰/۹۳	۱۹/۷	۰/۹۸	۱/۳۸	۳-۱۰
۸۲	II	۴۳	۵۷/۳	۱۵	۰/۲۱	۴/۴	۰/۹۸	۱/۳۸	۴-۱۰
۸۵	I	۱۲	۴۶/۲	۱۴	۰/۴۴	۸/۳۵	۱/۱	۱/۵۶	۱-۱۱
۷۸	I	۳	۷۲/۷	۱۶	۰/۰۳	۰/۵۵	۱/۱	۱/۵۶	۲-۱۱
۶۷	I	۳	۱۲۵/۳	۳۹	۱/۴	۱۱	۰/۶	۰/۸۱	۱-۱۲
۹۰	I	۱۰/۵	۲۷/۷	۸	۰/۲	۱/۵۹	۰/۶	۰/۸۱	۲-۱۲
۸۰	I	۲۲	۶۴/۷	۱۹	۰/۵۲	۴/۱	۰/۶	۰/۸۱	۳-۱۲

جدول ۴- شماره منحنی رواناب به دست آمده از روش معکوس برای مقادیر جفت شده بارش-رواناب در منطقه ۳

شماره حوزة	زمان تمرکز (ساعت)	زمان تا اوج (ساعت)	دبی حداکثر سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	ارتفاع رواناب (میلی متر)	ارتفاع بارش (میلی متر)	مقدار نگه داشت (میلی متر)	مقدار بارش پنج روز قبل از سیلاب (میلی متر)	وضعیت رطوبت پیشین	شماره منحنی رواناب
۱-۱۳	۱/۶۴	۱/۱۵	۲۷/۱	۱/۴۵	۱۴/۶	۳۴	۳/۵	I	۸۸
۲-۱۳	۱/۶۴	۱/۱۵	۶/۳۵	۰/۳۴	۱۸	۶۵	۱۰	I	۷۹
۳-۱۳	۱/۶۴	۱/۱۵	۱۶/۷	۰/۹	۱۵	۴۲	۰	I	۸۶
۴-۱۳	۱/۶۴	۱/۱۵	۲۷/۵	۱/۴۷	۲۰	۵۲	۳	I	۸۳
۱-۱۴	۱/۰۷	۰/۷۸	۵/۶۳	۰/۲۱	۱۲	۴۴/۲	۱۰	I	۸۵
۲-۱۴	۱/۰۷	۰/۷۸	۱۰/۰۴	۰/۳۸	۲۲	۸۱/۴	۰	I	۷۶
۳-۱۴	۱/۰۷	۰/۷۸	۴	۰/۱۵	۲۰	۸۲/۱	۱۰	I	۷۶
۴-۱۴	۱/۰۷	۰/۷۸	۶/۸	۰/۲۵	۴۰	۱۶۶/۸	۰	I	۶۰
۱-۱۵	۱/۳۴	۰/۹۶	۲/۸۵	۰/۱۷	۳۱/۵	۱۳۳	۵	I	۶۴
۲-۱۵	۱/۳۴	۰/۹۶	۳/۷	۰/۲۲	۲۲/۶	۹۰	۲/۵	I	۷۴
۳-۱۵	۱/۳۴	۰/۹۶	۹/۷۲	۰/۵۹	۴/۸	۱۰	۱/۹	I	۹۶
۴-۱۵	۱/۳۴	۰/۹۶	۵/۲	۰/۳۲	۲۲/۱	۸۳/۹	۴/۱	I	۷۵
۱-۱۶	۱/۰۸	۰/۷۸	۱۹	۱/۱۴	۱۵/۵	۴۰/۵	۰	I	۸۶
۲-۱۶	۱/۰۸	۰/۷۸	۱۵/۱	۰/۹	۷	۱۴/۵	۰	I	۹۵
۳-۱۶	۱/۰۸	۰/۷۸	۱۹	۱/۱۴	۲۱	۶۰/۵	۱۲	I	۸۱
۱-۱۷	۱/۲۳	۰/۸۸	۱۳/۵	۰/۹۹	۳۴	۱۱۴/۲	۰	I	۶۹
۲-۱۷	۱/۲۳	۰/۸۸	۱۱/۵	۰/۸۴	۱۵	۴۲/۷	۰	I	۸۶
۳-۱۷	۱/۲۳	۰/۸۸	۶/۶۷	۰/۴۹	۲۳/۵	۱۲۶/۸	۲۳/۵	I	۶۷
۴-۱۷	۱/۲۳	۰/۸۸	۴/۳۶	۰/۳۲	۳۲	۱۰۹/۵	۰	I	۷۰
۱-۱۸	۲/۷۲	۱/۸۵	۸/۷۵	۰/۷۵	۹/۵	۲۴/۲	۳	I	۹۱
۲-۱۸	۲/۷۲	۱/۸۵	۱۸/۵	۱/۵۸	۲۸	۷۹/۷	۲۱	I	۷۶
۳-۱۸	۲/۷۲	۱/۸۵	۲۲/۹	۱/۹۶	۱۵	۳۰/۹	۱۹	I	۸۹
۴-۱۸	۲/۷۲	۱/۸۵	۱۱/۱	۰/۹۵	۱۱	۲۷/۱	۰	I	۹۰
۱-۱۹	۱/۳۴	۰/۹۵	۲۹/۴	۱/۵۱	۳۷	۱۱۵	۰	I	۶۹
۲-۱۹	۱/۳۴	۰/۹۵	۹/۱	۰/۴۷	۲۵	۹۱	۰	I	۷۴
۳-۱۹	۱/۳۴	۰/۹۵	۴/۵۶	۰/۲۳	۸	۲۷	۱۱	I	۹۰

جدول ۵- متوسط شماره منحنی رواناب در هر حوزة

شماره حوزة	متوسط شماره منحنی رواناب	شماره حوزة	متوسط شماره منحنی رواناب
۱	۸۰	۱۱	۸۲
۲	۸۳	۱۲	۸۲
۳	۸۱	۱۳	۸۴
۴	۹۱	۱۴	۷۵
۵	۵۸	۱۵	۷۶
۶	۴۹	۱۶	۸۶
۷	۵۹	۱۷	۷۹
۸	۵۴	۱۸	۸۶
۹	۶۹	۱۹	۸۲
۱۰	۶۵	-	-

جدول ۶- مقادیر دبی حداکثر سیلاب تخمینی

شماره حوزه	دبی مشاهده‌ای	دبی تخمینی (متر بر ثانیه)			شماره حوزه	دبی تخمینی (متر بر ثانیه)			دبی مشاهده‌ای	شماره حوزه
		روش اولیه	روش جدید II	روش جدید III		روش اولیه	روش جدید II	روش جدید III		
۱	۴۴/۹	۸۷/۳	۱۰۲/۳	۲۰/۹۹	۷	۴/۱۴	۱۹/۴۸	۲۳/۳	۹/۱۱	۱
	۷/۷	۴/۹۸	۵/۱	۱۰/۹		۱/۶۶	۱/۸۲	۳/۶	۱/۵۵	
	۲۷	۱۷۰	۱۹۵/۵	۲۲۸		۰/۸۳	۰/۸۴	۱/۷۸	۲/۷۵	
	۳۷/۴	۹/۲۳	۵۹/۴	۱۳/۹		۱/۶۶	۱/۸۲	۳/۵۷	۴/۵	
	۴۱/۱	۱۱/۳۶	۱۱/۵۴	۲۴/۸۵		۰/۳۶	۰/۵۱	۰/۵۷	۱۴/۳	
	۶۵	۱۳/۶	۱۳/۸۴	۲۹/۸		۰/۵	۲۳/۹	۱/۰۸	۵/۴	
	۶۷/۳	۱۲۸	۱۴۸	۱۸۸		۱۷	۵۸/۹	۲۷/۴۵	۱۸/۶	
۲	۳۰/۵	۱۲۲	۱۴۱/۶	۱۸۰/۲	۸	۵۶	۵۸/۹	۸۲/۵	۹/۱۱	۲
	۲۶	۱۵۵	۱۸۰/۵	۲۱۹/۷		۶	۶/۱	۱۳/۱۴	۲۹/۵	
	۲۶/۳	۷/۷	۷/۸	۱۶/۸		۲۷/۸	۵/۴۲	۲۶/۹	۱۴/۵	
	۲۱/۱	۴/۴	۴/۴۵	۹/۶		۶/۴	۶/۵	۱۳/۳	۲۹	
	۳۷/۱	۹/۲	۲/۸	۲۰/۳		۵/۴	۳۸	۱۱/۶۷	۱۱/۱۷	
	۱۶/۲	۴/۴	۰/۶۳	۹/۸		۱۵/۸	۶/۵	۱۴/۱	۴/۵	
	۱۵/۷	۸/۱۲	۲/۲۳	۱۷/۹		۵۹	۳۸	۵۹	۲۲/۹	
۳	۱۵/۳	۸۶۱	۲۱۳/۴	۲۰۹/۴	۹	۷/۵۶	۲/۱	۴/۵	۷/۵۶	۳
	۲۸/۱۵	۶۷/۸	۳۷/۴	۹۴/۳		۱/۸۱	۳/۷۷	۴/۲	۱۱	
	۱۴/۵	۳۳/۲	۱۲	۵۲/۲		۱/۳۹	۰/۷۷	۳/۲۱	۳	
	۱۱/۴	۱۳	۷۲/۶	۱۴۰/۱		۰/۸	۲/۱	۱/۸۶	۲/۳۸	
	۳۰/۹	۱۰۸	۷۰/۳۲	۱۲۲/۹		۳/۵	۸/۱۶	۱/۲	۱۰/۱	
	۲۶/۵	۸/۶	۲/۵	۱۹		۱۰/۲۲	۲۰/۸۸	۱۸/۹	۲۲/۶	
	۲۰	۱۴۷/۹	۹۸/۶	۱۰۹/۷		۰/۲	۱/۷	۰/۴۳	۵/۴	
۴	۱۰/۴۷	۱/۲	۰/۸	۰/۰۲	۱۰	۴	۴/۸	۶/۷	۱۶/۶	۴
	۴/۷۶	۹/۹	۴/۷۵	۴/۶۳		۰/۸۷	۷/۱۶	۱/۸۶	۷/۴۹	
	۸/۰۱	۱۷۵/۵	۱۱۳/۴	۱۳۵/۴		۴	۴/۸	۶/۷	۵/۸	
	۱۰۸	۱۴۷/۶	۹۸/۶	۱۰۹/۷		۹/۴	۱/۴۹	۲/۹	۳	
	۱۷۵	۲۰۴/۶	۱۲۴/۷	۱۶۱/۱۵		۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۶۶	
	۱/۴۵	۰/۰۳	۱/۲۷	۰/۰۷		۳۱/۱۸	۰/۲	۷۰/۸	۴۷/۱	
	۱/۸۷	۱/۲	۴	۲/۶۶		۱۵۷	۳۲/۳	۲۴۸/۸	۴۳/۸	
۵	۳/۰۸	۱/۲۶	۰/۰۲	۲/۸۱	۱۱	۲۴	۱۸۳/۳	۵۳/۴	۲۱/۱	۵
	۳/۴۶	۰/۸۳	۰/۰۱	۱/۸۴		۱۲۹	۲۴/۳	۲۳۶/۹	۲۳/۵	
	۳/۳	۱۲/۶	۶/۲۲	۲۸		۶۱۹	۱۷۴/۵	۷۸۴	۱۵/۲	
	۱/۸۵	۲۰/۲	۱۱/۷۲	۴۵		۴۱۰	۲۴/۳	۵۳۲	۳۵	
	۵/۶	۰/۴	۲/۴۳	۰/۸۹		۲۸۴	۱۷۴/۵	۳۸۵/۴	۱۲۴	
	۲/۵	۱۷/۶۵	۱۲/۹	۱۷/۰۶		۱۴۶	۷۱۵/۹	۳۲/۵	۶۹	
	۴/۴	۳/۲	۷/۱۳	۷۱۲		۸۶/۵	۴۵۷	۱۴۹/۵	۱۰۰/۲	
۶	۱۹/۱۷	۳۴/۹	۱۸/۷	۶۵/۳	۱۲	۳۸۷	۳۳۸	۵۰۱	۸۵/۵	۶
	۳/۰۴	۵۲/۳	۰/۶	۷۱/۶		۱/۵۶	۱/۵۱	۳/۳۵	۴۲/۳	
	۸/۳۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۱/۵۵		۳۵/۲	۳۵/۲	۲۴/۱	۴۵/۵	
	۰/۵۵	۲/۰۹	۲/۰۹	۴/۳۴		۷/۵	۷/۵	۷۷	۳۱	
	۱/۵۹	۰/۳	۰/۳۳	۰/۶۸		۵۲/۴	۵۲/۴	۷۵/۷	۲۳/۵	
	۱/۳۲	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۵		۷۴/۲۶	۷۴/۲۶	۲۵/۸	۱۵/۲	
	۰/۷۷	۱/۵۳	۱/۷	۲/۵		۱۶۳/۲	۱۶۳/۲	۱۸۰/۶	۲۰/۹	
۱۱	۲/۴	۱۱/۷۲	۱۵/۵	۱۸/۸	۱۲	۲۴/۱۴	۲۴/۱۴	۴۴/۹	۴۲/۵	
	۴/۱	۱/۵۳	۱/۷	۳/۵		۷	۶/۹۵	۱۴/۴۶	۳۵/۶	
	۲۱/۴	۱	۲۵/۵	۲۷/۷		۴۳/۸	۴۶/۶۸	۶۷/۴	۴۰/۵	

ادامه جدول ۶

شماره حوزه	دبی مشاهده‌ای	دبی تخمینی (متر بر ثانیه)			شماره حوزه	دبی مشاهده‌ای	دبی تخمینی (متر بر ثانیه)		
		روش اولیه	روش جدید با تیپ II	روش جدید با تیپ III			روش اولیه	روش جدید با تیپ II	روش جدید با تیپ III
۱۲	۳۱	۲۲/۸	۳۹/۶	۴۱/۹	۱۷	۲/۱۱	۶/۳	۰/۰۵	۰/۱۱
	۱/۱۲	۱/۲۱	۱/۳۴	۲/۷۶		۲۶/۳	۶/۳	۰/۰۵	۰/۱۱
	۱۱	۲۵/۸	۳۱/۳	۳۳/۵۵		۶/۴۳	۱/۲	۱/۱۹	۲/۵۶
	۸/۹	۱/۹	۲/۱۳	۴/۳۸		۴/۷	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۲۵
	۵	۴/۸	۰/۵	۹/۳		۱۰	۴/۸	۴/۸	۱۰/۲۶
	۷/۰۴	۳۵/۵	۴۲/۸۵	۴۵/۳		۱۳/۶	۲/۰۳	۲/۰۳	۴/۳۵
	۹/۱۳	۰/۶۱	۰/۶۸	۱/۴		۶/۶۷	۹/۵	۲۳/۷۶	۲۳/۹
	۲۷/۱	۲/۴۶	۲/۵۲	۵		۴/۳۴	۹/۵	۱۰/۱۵	۱۹
۱۳	۶/۳۵	۶/۶۱	۶/۷	۱۳/۵	۱۸	۲۲/۹	۴/۳	۴۱/۳	۴۹/۸
	۲۳/۴۵	۲۶/۱	۳۱/۰۱	۴۰/۸		۸/۷۵	۴/۲۱	۳/۸	۷/۳۶
	۲۷/۵	۱۰/۵	۱۱/۳	۲۰/۱۳		۲۱/۷	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۲۸
	۱۸/۷۸	۹۱/۸	۱۰/۶۷	۱۱۵/۹		۱۸/۵	۰/۸۹	۰/۸	۱/۵۵
	۹/۱۶	۱۰۳/۶	۱۱۹/۲	۱۲۹/۵۵		۱۳/۶	۰/۷۶	۰/۷۲	۱/۳۲
	۱۷/۷۸	۱۶/۱	۱۶/۶۴	۲۷/۷		۱۱/۵	۷۴/۱۵	۸۶/۸	۹۲
	۳۲/۳	۱/۱۶	۱۶/۶۴	۲۷/۷		۱۲/۳	۲/۱۷	۱/۹۵	۳/۷۹
	۴۰/۸	۳۸	۴۴/۶	۵۵/۸		۱۹/۸	۵	۵/۱۸	۱۰/۷
۱۴	۱۷/۰۵	۳۰/۱	۳۴/۷	۴۵/۶	۱۹	۲۹/۴	۶۵/۷	۸۱/۳	۹۰/۷
	۱۰/۰۴	۴/۹	۴/۹۱	۱۰/۲		۹/۵	۲/۷۱	۲/۸	۵/۸
	۳۴/۴	۰/۱۷	۱۲/۰۴	۰/۳۵		۵/۹	۲/۷۱	۲/۸	۵/۸
	۵/۶۳	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۳۷		۲۵	۲۰/۳	۲۲/۷۷	۳۴/۶
	۴	۳	۲/۹۵	۶/۴		۹/۱	۱۶/۸	۱۷/۹	۳۰/۵
	۶/۸	۵۴/۶	۶۷/۵	۸۰/۴		۱۵/۶	۵	۵/۱۸	۱۰/۷
	۱۱/۶	۲/۵	۲/۴۹	۵/۳۴		۱۵/۹	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۶۶
	۷/۰۶	۷۰/۱	۸۰/۱	۹۶/۸		۹/۸	۲/۸۶	۲/۹۷	۶/۱۵
۱۵	۹/۷۲	۸/۱	۸/۱	۱۷/۴	۱۹	۱۲/۵	۲	۲/۰۸	۴/۳
	۲/۸۵	۱۱/۰۳	۱۱/۰۳	۱۲/۷		۴/۵۶	۰/۹۷	۱/۰۱	۲/۰۹
	۳/۷	۲/۲	۲/۱۹	۴/۷					
	۵/۲	۱/۹	۱/۸۸	۴					
	۱۹	۴/۳	۴/۵	۸/۹					
	۱۵/۵	۳۱/۷	۲۸/۵	۴۲/۷					
	۱۹	۱۵/۷	۱۷/۷۴	۲۵					
	۹/۲۶	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۳۴					

جدول ۷- تعیین مجموع مربعات باقیمانده برای دبی‌های تخمینی

مجموع مربعات باقیمانده ($\sum RSS$)			شماره حوزه
روش جدید با تیپ III	روش جدید با تیپ II	روش اولیه	
۹/۰۶	۸/۸	۸/۳۶	۱
۲۳/۸	۱۹/۱۲	۱۸/۶۱	۲
۵/۲۸	۴/۰۰	۶/۹۲	۳
۵/۱۸	۶/۱۵	۶/۵۳	۴
۲۹۱/۴	۲۴۸	۲۱۲/۵۳	۵
۶۲/۸	۵۴/۵	۴۶/۹۵	۶
۱۱۲/۹	۸۷/۳	۷۲/۹۵	۷
۱۱۴/۷	۷۲/۳	۹۴	۸
۶۴/۶	۴۷/۳	۴۲/۱	۹
۲۳/۰۹	۵/۳	۸/۹	۱۰
۴۸/۷۸	۴۱	۳۵/۳	۱۱
۱۴/۳۵	۱۳/۱۳	۱۰/۴	۱۲
۴۹/۱	۴۴/۵	۳۸/۳	۱۳
۴۰/۶۸	۳۵/۱	۲۹/۷	۱۴
۴۱/۴۴	۳۳/۲	۲۸/۸	۱۵
۱۷/۱۳	۱۶/۲	۱۴/۱	۱۶
۱۶/۱۲	۱۰/۳	۸/۴	۱۷
۳۳/۹	۳۳/۶	۲۰/۷	۱۸
۲۰/۶	۱۷/۴۶	۱۴/۱	۱۹
۹۵۵/۲۸	۷۹۸/۲	۷۲۷/۶	مجموع کل

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، از روش‌های اولیه ترسیمی و روش جدید ترسیمی (تیپ‌های II و III) استفاده شد. تیپ III بارش که الگویی نزدیک به تیپ II بارش دارد نیز بررسی گردید تا تفاوت این دو مشخص شود. از مقایسه مجموع مربعات این دو، نتیجه گرفته می‌شود که استفاده از تیپ II، نسبت به III مجموع مربعات کمتری دارد. (به ترتیب، ۷۹۸/۲ و ۹۹۵/۲۸). مجموع مربعات باقیمانده برای روش اولیه ترسیمی (۱۹۷۵) ۷۲۷/۶ به‌دست آمد، که از دو روش قبلی دارای مجموع مربعات کمتری است. در روش جدید ترسیمی، منحنی‌های بدون بعد I_a/P ارائه شده‌اند، در صورتی که در روش اولیه، فقط یک

منحنی کلی ارائه شده و دارای عامل بدون بعد نیست. منحنی‌های بدون بعد برای مقادیر $0.1 \leq I_a/P \leq 0.5$ ارائه شده‌اند، حال آنکه با محاسبه این مقدار برای بارش‌های مختلف، تعداد زیادی از بارش‌ها خارج از این محدوده قرار می‌گیرند که سبب بروز خطا در تعیین دبی حداکثر سیلاب با روش ترسیمی جدید می‌شود، ولی روش اولیه فاقد چنین خطایی است. اگر این مقدار بدون بعد در این محدوده قرار گیرد، دقت بیشتری همراه است. مجموع مربعات باقیمانده برای سه منطقه نشان می‌دهد که کمترین مجموع مربعات باقیمانده، مربوط به مناطق یک و سه و بیشترین آن مربوط به منطقه دو است (جدول ۸).

جدول ۸- مجموع مربعات باقیمانده برای دبی حداکثر محاسبه شده از سه روش

منطقه	روش اولیه	روش جدید II	روش جدید III
۱	۱۱/۷۶	۱۱/۸۸	۱۴/۲۷
۲	۹۵/۶۲	۱۰۰۸	۱۳۶/۶
۳	۲۳/۸	۲۷/۰۵	۳۱/۴

تخمین دبی حداکثر سیلاب با این روش در مناطق یک و سه مناسب و میزان خطا پایین است، اما در منطقه دو با خطای زیادی همراه است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که

محاسبه دبی حداکثر سیلاب با روش ترسیمی در مناطق یک و سه مناسب، اما در منطقه دو دارای خطای زیادی است.

منابع

- ۱- افشار، عباس، ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۴۵۹ ص.
- ۲- افشین‌نیا، منوچهر، ۱۳۷۲. روش‌های آماری و کاربرد آن در علوم، انتشارات انا، تهران، ۶۲۶ ص.
- ۳- خلیلی، علی، ۱۳۶۲. طرح جامع آب کشور: شناخت اقلیمی ایران. بررسی بنیادی بارندگی، جلد‌های ۱ و ۲، شرکت مهندسی مشاور جاماب.
- ۴- زالی، عباسعلی و جمشید جعفری شبستری، ۱۳۶۹. مقدمه‌ای بر احتمالات و آمار، تالیف آلدره‌نری آل، ادوارد بی‌راسلر، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۴ ص.
- ۵- سلاجقه، علی، ۱۳۷۳. برآورد دبی‌های پیک سیلابی در حوزه‌های کوچک، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۶- کیمیایی، علیرضا، ۱۳۷۴. ارزیابی روش‌های SCS و MC Mathe جهت برآورد رواناب منطقه ليقوان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ۷- مهدوی، محمد، ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی، چاپ دوم، جلد‌های ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۰ ص.
- ۸- موحد دانش، علی‌اصغر، ۱۳۷۳. هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران، انتشارات سمت، ۳۷۸ ص.
- ۹- نجمایی، محمد، ۱۳۶۹. هیدرولوژی مهندسی، جلد‌های ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۶۱۰ ص.
- ۱۰- نساجی زواره، مجتبی، ۱۳۷۸. مقایسه دو روش شماره منحنی رواناب و کوک در برآورد دبی حداکثر سیلاب، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس.
- 11-Bonta, J.V., 1997. Determination of watershed curve number using derived distributions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 123 (1):28-36.
- 12-Hawkins, R.H., A.T. Hjelmfelt & A.W. Zeranbergen, 1985. Runoff probability, Storm depth and curve numbers. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 111 (4): 330-340.
- 13-Hawkins, R. H., 1990 . A symptotic determination of curve numbers from rainfall runoff data. Symposium proceeding of IR Conference of Watershed Management, ASCE, Durango.
- 14-Hawkins, R.H., 1993. A symptotic determination of runoff curve numbers from data, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 119 (2): 334-345.

- 15-Hawkins, R.H. & D.E. Wood Ward, 1998. Local sources for runoff curve numbers, 11th Annual Symposium of the Arizona Hydrological Society.
- 16-Hotchkiss, R.H. & B.E. Mc Callum, 1995. Peak discharge from small agricultural watersheds, Journal of Hydraulic Engineering, 121 (1) 36-48.
- 17-Silviera, L., F. Charbonnier & L.Genta, 2000. The antecedent soil moisture condition, 45 (3): 3-12.
- 18-USDA – Soil conservation service , 1975, Urban Hydrology for small Watersheds, Technical Release No. 55, Washington, D.C.
- 19-USDA-Natural Resources Conservation Service (NRCS), 1998. Hydrologic calculation for storm runoff discharge and curve number for watersheds.
- 20-USDA-Natural Resources Conservation Service (NRCS), 1998. TR-55- calculates storm runoff volume, Peak rate of discharge, hydrographs.
- 21-Vissman, W.G. & L. Lewie, 1996. Introduction to Hydrology, 4th Ed, USA, 704pp.

Determination of Maximum Flood Discharge in Small Watersheds Using SCS Graphical Method

M.R. Yazdani¹ M.Mahdavi² E.Hosseini Chegini³

Abstract

Considering the lack of hydrometrical stations in most small watersheds, determination of maximum flood discharge requires a suitable method to estimate runoff and peak flow that's used in flood and erosion control management plans. One of such methods is the graphical method presented by Natural Resources Conservation Service of the United States Department of Agriculture. To evaluate the applicability of this method, 19 watersheds in three regions of Iran Vis Karaj-Ghazvin region (region 1), Shomal region (region 2) and Azarbaiejan region (region 3) were selected. Among the different types of rain, type II exhibits a minimum error. The results showed this method had better applicability for estimation of peak flood in Karaj-Ghazvin and Azarbaiejan regions, but was more erroneous in Shomal region.

Keywords: Maximum discharge, Curve number, Graphical method of runoff estimation

¹ - Senior Expert in Watershed Management

² - Professor, Natural Resources Faculty of Tehran University

³ - Scientific Member, Soil Conservation and Watershed Management Research Center