

برآورد مقدار سیلاب حداکثر به روشهای مشاهده‌ای، کریگر و SCS مطالعه موردی: رودخانه قره‌سو در کرمانشاه

علیرضا کرکوتی^{۱*}، مهرداد نظریها^۲، اکبر باغوند^۳، بابک جعفری سلیم^۴، عبدالرضا کرباسی^۵، علی وثوق^۶

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

۲-استادیار گروه مدیریت سوانح طبیعی دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران nazaraha@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران baghvand@ut.ac.ir

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران babak_jafari_salim@yahoo.com

۵-استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران akarbasi@ut.ac.ir

۶-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران ali_vosoogh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۲۹ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۱۲

چکیده

برآورد مقدار سیلاب حداکثر حوزه آبریز، بخش مهمی از مطالعات هیدرولوژی در ساماندهی رودخانه است. در این ارتباط لازم است دبی پیک سیل و شکل هیدروگراف آن برای دوره‌های بازگشت مورد نظر مشخص باشد. انجام این کار مستلزم وجود آمار طولانی مدت و دستگاه لیمینوگراف در محل مورد نظر است. در مطالعه حاضر با مقایسه آمار موجود در ایستگاههای آب‌سنجی و با استفاده از روشهای مشاهده‌ای، کریگر و SCS اقدام به برآورد میزان سیلاب طرح در حوزه آبریز رودخانه قره‌سو در استان کرمانشاه شد. ارتباط بین ژئومرفولوژی و هیدرولوژی این امکان را فراهم می‌آورد تا در حوزه‌هایی که از نظر ژئومرفولوژی تشابه وجود دارد با ایجاد روابط بین دو حوضه آبریز، برآورد آمار هیدرولوژیکی را در حوزه‌هایی که فاقد آمار به‌دست آورد. بدین منظور هیدروگرافهای طبیعی و مصنوعی با استفاده از داده‌های مرفولوژیکی، باران سنجی و هیدرومتری حوضه آبریز و تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی تأمین شد و هیدروگراف واحد مصنوعی با هیدروگرافهای واحد طبیعی مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. با توجه به دقت مناسب روش SCS که از مشخصه‌های مختلف اقلیمی، زمین شناسی و فیزیوگرافی استفاده می‌کند، نتایج این روش به عنوان سیلاب طرح پیشنهاد شد. برای برآورد سیلاب طرح به روش SCS از نرم افزار HEC-HMS استفاده شد که از داده‌های سیلاب اسفندماه ۱۳۷۶ جهت کالیبراسیون نرم افزار فوق استفاده شد. نتایج مبین مقدار دبی حداکثر ۱۵۲۰ m³/s در ایستگاه پل کهنه است. روش کریگر برای برآورد دبی در حوزه‌های فاقد آمار به‌کار گرفته شد که نتایج دبی حداکثر به‌دست آمده از این روش برای ایستگاه دوآب قزانچی، ۱۵۳۰ m³/s برآورد شد.

کلید واژه

دبی حداکثر سیلاب، سیلاب، روش SCS، HEC-HMS، روش کریگر، روش مشاهده‌ای

سرآغاز

میزان دبی پیک سیلاب برای حوزه‌های آبریز فاقد داده‌های

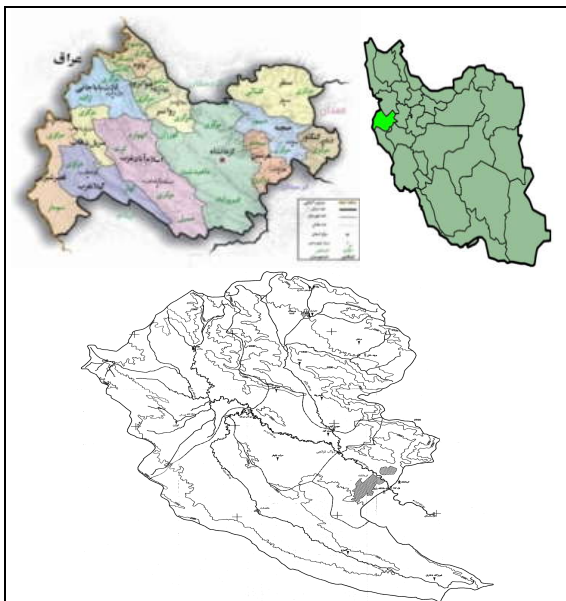
هیدروکلیماتولوژی می‌دانند (غیاثی، ۱۳۷۵).

در یکی از این روشها بر اساس خصوصیات مرفولوژیکی حوزه آبریز می‌توان مشخصات هیدروگراف واحد مصنوعی را تعیین کرد. در روش دیگر با استفاده از مشخصه‌های کمی ژئومرفولوژی و سرعت جریان در پیک سیلاب در حوضه‌ها، هیدروگراف واحد را استخراج می‌کنند. این روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای

مهندسان اغلب تمایل به استفاده از داده‌های آماري ساده و فراگیر برگرفته از مطالعات قبلی نسبت به داده‌های پیچیده، و یا محاسبات جدید برای مطالعات خود دارند. آنها در موارد نیاز می‌توانند با استفاده از آمار موجود اقدام به تکمیل و تطویل آمار مورد نیاز کنند (Nix, 1994). متخصصان علم هیدرولوژی استفاده از هیدروگراف واحد مصنوعی حوزه آبریز را یکی از روشهای کاربردی برای برآورد

استان حدود ۱/۴۵ درصد از مساحت کل کشور را دارا است و متوسط بارندگی سالانه آن بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلیمتر در نوسان است. (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۱).

حوزه آبریز قره سو در محدوده طول‌های جغرافیایی ۲۲° ۴۶' تا ۴۷° ۰' و بین عرض‌های جغرافیایی ۳۴° ۰' و ۳۴° ۵۵' قرار گرفته است و رودخانه قره سو از شاخه‌های مهم و اولیه رودخانه سیمره بوده و جریان آب قسمت‌هایی از استان‌های کرمانشاه و کردستان را جمع آوری و به رودخانه سیمره هدایت می‌کند (توانا و یوسفوند، ۱۳۸۵). اسامی ایستگاههای آبنجی مورد استفاده در این تحقیق به همراه مشخصات آنها در جدول شماره (۱) درج شده است



شکل شماره (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ژئومرفولوژی نامیده می‌شود (Rodriguez and Valdes, 1979). در مقایسه‌ای بین روش هیدروگراف واحد مصنوعی (SDUH) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و چهار روش شناسیدر، SCS، مثلثی و کلارک و هیدروگراف‌های مشاهده‌ای، بهترین برآورد دبی پیک و زمان رسیدن به آن مربوط به روش SDUH تشخیص داده شد (Kilgore, 1997).

به طور کلی در برآورد دبی پیک سیلاب هر سه روش شناسیدر، SCS و مثلثی در یک سطح اطمینان هستند و روش SCS با خطای کمتری نسبت به دیگر روشها هیدروگراف‌های سیلاب‌های حوزه را برآورد می‌کنند. (شاه محمدی، ۱۳۷۳).

ایده‌ای که هیدروگراف استخراج شده از یک بارش لحظه‌ای دلالت بر ویژگی‌های شبکه هیدروگرافی حوزه داشته باشد، توسط انجمن مهندسان عمران آمریکا در سال ۱۹۳۰ ارائه شد (Rodriguez, et al., 1979). تحقیقات متعددی جهت تکمیل و استخراج هیدروگراف (Ramirez, 2000) و برای کاربرد هیدروگراف واحد لحظه‌ای برای آنالیز هیدروگراف در حوضه‌های مختلف انجام شده است. (Van Der Tak, 1990).

هدف از این تحقیق، پیشنهاد بهترین روش برآورد سیلاب و مقایسه روشهای طبیعی و مصنوعی و هیدروگراف واحد مصنوعی که بیشترین تطابق را با هیدروگراف‌های طبیعی داشته باشد، همچنین واسنجی و پیشنهاد بهترین روش محاسبه ضرایب روش مصنوعی و مشخص کردن دبی پیک سیل و تعیین سیلاب طرح است.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با وسعت ۲۴۵۸۶ کیلومتر مربع در میانه ضلع غربی کشور ایران واقع شده است، ارتفاع متوسط آن از سطح دریاهای آزاد در حدود ۱۲۰۰ متر است (سالنامه آماری، ۱۳۸۶). این

جدول شماره (۱): ایستگاههای آبنجی

مساحت حوزه آبریز (کیلومتر مربع)	مشخصات جغرافیایی			نام رودخانه	نام ایستگاه
	ارتفاع	عرض	طول		
۵۲۷۰	۱۲۶۰	۳۴° ۱۴'	۴۷° ۱۵'	قره‌سو	قورباغستان
۵۰۲۶	۱۲۶۰	۳۴° ۱۹'	۴۷° ۰۸'	قره‌سو	پل کهنه
۱۳۳۸	۱۲۹۰	۳۴° ۲۹'	۴۷° ۰۰'	راز‌آور	حجت‌آباد
۱۴۶۰	۱۳۲۰	۳۴° ۳۰'	۴۶° ۴۴'	مرک	خرس‌آباد
۱۲۴۳	۱۲۹۰	۳۴° ۳۳'	۴۶° ۴۷'	قره‌سو	دوآب مرک

(سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۴)

مواد و روشها

استفاده از آمار موجود سیلاب ایستگاههای آبسنجی منطقه

داده‌های ثبت شده برای محاسبه پیک سیلاب معمولاً دارای محدودیت‌هایی هستند.

در عین حال اغلب روشها برای محاسبه دبی پیک سیلاب نیاز به داده‌های کامل آماری از حوزه آبریز مورد مطالعه برای محاسبه صحیح و دقیق مقادیر رواناب سطحی دارند.

(Crobeddu, et al., 2007; Jayakrishnan, et al., 2004; Grassotti, et al., 2003).

در روش مشاهده‌ای، برای محاسبه سیل در منطقه از آمار ثبت شده در ایستگاههای آبسنجی مورد مطالعه استفاده شده است. بدین منظور آمار حداکثر دبی لحظه‌ای و دبی روزانه ایستگاههای فوق‌الذکر در جدول شماره (۲) درج شده است.

با توجه به این که ایستگاههای آبسنجی مورد مطالعه در بعضی از سالها فاقد آمار حداکثر دبی لحظه‌ای هستند، به منظور تکمیل و تطویل آمار حداکثر دبی لحظه‌ای این ایستگاهها ابتدا بین آمار حداکثر دبی روزانه آنها با ایستگاه مینا که دارای آمار کاملی است همبستگی به شرح رابطه (۱) برقرار شده است.

نتایج حاصل از این محاسبات در جدول شماره (۲) درج شده است.

$$Q_D = a \times Q_{DS}^b \quad (1)$$

که در این رابطه

Q_D : حداکثر آبدی روزانه در ایستگاه مورد مطالعه بر حسب مترمکعب در ثانیه؛

Q_{DS} : حداکثر دبی روزانه در ایستگاه مینا بر حسب مترمکعب در ثانیه؛

a, b : ضرایب ثابت طبق جدول شماره (۳) است.

شایان ذکر است برای تکمیل و تطویل آمار حداکثر دبی روزانه ایستگاههای مورد مطالعه در سالهایی که فاقد آمار هستند به این روش عمل شده است که با توجه به نزدیکی ایستگاه آبسنجی درجه یک قورباغستان (واقع بر رودخانه قره سو) به حوزه آبریز مورد مطالعه و آمار بلند مدت آن، از آمار این ایستگاه برای تصحیح و تطویل آبدی ایستگاه پل کهنه استفاده شده است و سپس به منظور تصحیح، تکمیل و تطویل آمار آبدی سالانه ایستگاههای دیگر، از ایستگاه پل کهنه به

عنوان ایستگاه مینا استفاده شده است. نحوه کنترل آمار بدین صورت است که روند تغییرات سالانه آبدی هر ایستگاه با آمار ایستگاه مینا مقایسه و آمار مشکوک مشخص شده است.

در شکل‌های شماره (۲ و ۳) نوسانات آبدی سالانه ایستگاههای قورباغستان و پل کهنه قبل و بعد از تصحیح، تکمیل و تطویل آمار مقایسه شده است.

در هر ایستگاه پس از حذف آمار سالهای مشکوک، به منظور تصحیح، تکمیل و تطویل آمار آبدی سالانه ایستگاههای مورد مطالعه اقدام به برقراری روابط همبستگی به شرح ذیل شده است

$$Q_{PK} = 0.516 + 0.927 Q_{GH} \quad , \quad n = 31, \quad r = 0.99 \quad (2)$$

$$Q_{HA} = 1.024 + 0.377 Q_{PK} \quad , \quad n = 16, \quad r = 0.98 \quad (3)$$

$$Q_{KH} = -0.264 + 0.91 Q_{PK} \quad , \quad n = 23, \quad r = 0.94 \quad (4)$$

$$Q_{DM} = 0.145 + 0.217 Q_{PK} \quad , \quad n = 33, \quad r = 0.97 \quad (5)$$

که در این روابط

Q_{PK} : آبدی سالانه ایستگاه آبسنجی پل کهنه بر حسب مترمکعب در ثانیه؛

Q_{GH} : آبدی سالانه ایستگاه آبسنجی قورباغستان بر حسب مترمکعب در ثانیه؛

Q_{HA} : آبدی سالانه ایستگاه آبسنجی حجت‌آباد بر حسب مترمکعب در ثانیه؛

Q_{KH} : آبدی سالانه ایستگاه آبسنجی خرس‌آباد بر حسب مترمکعب در ثانیه؛

Q_{DM} : آبدی سالانه ایستگاه آبسنجی دوآب مرک بر حسب مترمکعب در ثانیه

n : تعداد سالهای آماری مشترک؛

r : ضریب همبستگی است.

با استفاده از روابط آبدی سالانه ایستگاههای منتخب در دوره شاخص آماری تصحیح، تکمیل و تطویل شده و خلاصه نتایج در جدول شماره (۴) درج شده است.

جدول شماره (۲): دبی لحظه ای و دبی روزانه ایستگاههای آبسنجی

دواب مرک		خرس آباد		حجت آباد		پل کهنه		ایستگاه
حداکتر لحظه ای	حداکتر روزانه	حداکتر لحظه ای	حداکتر روزانه	حداکتر لحظه ای	حداکتر روزانه	حداکتر لحظه ای	حداکتر روزانه	سال آبی
۱۳۲/۷ E	۱۱۱/۰	۳۲/۰ E	۱۷/۷ E	۷۲/۷ E	۵۱	۷۷/۱ E	۷۰/۰	۱۳۴۵-۴۶
۴۳/۸ E	۳۹/۰	۴۴/۱ E	۲۷/۹ E	۸۸/۹ E	۶۵	۱۳۶/۵ E	۱۲۷/۰	۱۳۴۶-۴۷
۱۰۹/۲ E	۹۲/۰	۱۳۹/۳ E	۱۰۸/۵ E	۸۸۵/۲ E	۱۴۸	۷۸۵/۳ E	۷۵۰/۰	۱۳۴۷-۴۸
۲۴۶/۲ E	۲۰۳/۰	۵۱/۹ E	۳۴/۶ E	۹۵/۹ E	۷۱	۱۷۹/۲ E	۱۶۸/۰	۱۳۴۸-۴۹
۱۶۷/۲ E	۱۳۹/۰	۵۶/۲ E	۳۸/۲ E	۱۰۶/۳ E	۸۰	۲۰۳/۱ E	۱۹۱/۰	۱۳۴۹-۵۰
۲۸۸/۲ E	۲۳۷/۰	۷۳/۴ E	۵۲/۸ E	۱۱۶/۴ E	۸۸/۷	۳۰۸/۳ E	۲۹۲/۰	۱۳۵۰-۵۱
۳۴/۰ E	۳۱/۰	۳۶/۶ E	۲۱/۷ E	۸۸/۱ E	۶۴/۳	۹۹/۰	۹۱/۰	۱۳۵۱-۵۲
۱۲۲/۸ E	۱۰۳/۰	۱۹۸/۴ E	۱۵۸/۵ E	۴۰۷/۰	۳۸۲	۱۲۵۵/۰	۱۲۳۱/۰	۱۳۵۲-۵۳
۵۵	۴۵/۹	۵۸/۶	۵۸/۶	۶۹/۶	۶۸/۳	۱۵۲/۱ E	۱۴۲/۰	۱۳۵۳-۵۴
۳۶/۲	۳۵/۴۱	۶۱/۲۸	۳۲/۳۹	۶۶/۷۵	۶۵/۰	۱۰۷/۳	۱۰۵/۰	۱۳۵۴-۵۵
۱۱/۴۴	۱۱/۴۴	۹/۴۹	۷/۱۶	۳۴/۵	۳۰/۵۲	۴۴/۲ E	۳/۵	۱۳۵۵-۵۶
۳۳/۹	۳۳/۰۵	۱۰۵/۲۳	۴۸/۹۳	۶۷/۸	۸۰/۱۸	۹۸/۱	۹۷/۲	۱۳۵۶-۵۷
۲۴/۳	۲۲/۷۷	۷۵/۵	۶۸/۱۵	۹۳/۳۴	۵۳/۳۴	۸۱/۳	۸۰/۴	۱۳۵۷-۵۸
۷۶/۹۲	۶۷/۶۸	۹۸/۳۳	۵۶/۵۳	۶۳/۰	۶۱/۰۱	۲۹۵/۵	۲۹۴/۰	۱۳۵۸-۵۹
۵۹/۱	۹۵/۲۷	۱۲۴/۹	۶۳/۸۹	۹۷/۳	۹۷/۳	۱۴۴/۳	۱۴۰/۸	۱۳۵۹-۶۰
۳۹/۹	۳۸/۳۲	۲۱/۷۴	۱۵/۴۵	۵۶/۹	۵۴/۲۸	۱۱۵/۶	۱۱۴/۲	۱۳۶۰-۶۱
۲۶/۰ E	۲۴/۵۱	۳۷۰۹ E	۱۴/۲۲	۷۴/۵ E	۵۲/۶ E	۹۱/۹ E	۸۳/۸	۱۳۶۱-۶۲
۲۴/۹ E	۲۳/۶۶	۲۷/۴ E	۱۳/۸۶	۷۵/۱ E	۵۳/۱ E	۹۰/۵	۸۵/۱	۱۳۶۲-۶۳
۴۳/۹ E	۹۱/۱۱	۵۲/۳ E	۳۴/۹۲	۸۶/۹ E	۶۳/۲ E	۱۲۰/۱ E	۱۱۱/۳	۱۳۶۳-۶۴
۱۷/۶۶	۱۷/۳۶	۲۶/۲	۱۷/۰	۶۷/۸ E	۴۶/۸ E	۷۱/۰	۷۰/۱	۱۳۶۴-۶۵
۸۶	۷۰/۳۹	۴۰/۷۴	۲۸/۹۶	۱۰۱/۹ E	۷۶/۲ E	۱۵۵/۶	۱۴۸/۲	۱۳۶۵-۶۶
۱۴۸/۶ E	۱۲۳/۹۲	۵۲/۱	۵۳/۰۹	۶۴/۴	۶۳/۸۳	۴۴۹/۰	۴۲۹/۶	۱۳۶۶-۶۷
۷۹/۶ E	۶۷/۹۸	۲۲/۵	۱۸/۶۹	۱۳۰/۱ E	۱۰۰/۵ E	۲۳۶/۳	۲۲۶/۹	۱۳۶۷-۶۸
۴۲	۳۹/۵۳	۴۳/۶۹	۳۶/۷۲	۱۰۱/۹ E	۷۶/۲ E	۱۵۱/۷	۱۴۸/۲	۱۳۶۸-۶۹
۲۶/۶	۲۵/۵۵	۲۳/۵ E	۱۰/۵۳	۷۱/۳ E	۴۹/۹ E	۷۷/۲	۷۷/۲	۱۳۶۹-۷۰
۷۰/۶	۶۹/۰۷	۶۹/۲	۴۹/۲	۱۷۹/۵	۱۰۷/۳	۱۸۰/۰	۱۷۹/۰	۱۳۷۰-۷۱
۱۸/۱۵	۱۷/۲۶	۴۸/۳۳	۲۸/۱۷	۸۵/۸۸	۶۶/۸	۶۶/۹	۶۵/۴	۱۳۷۱-۷۲
۳۶/۳۴	۳۵/۵۲	۵۰/۷	۲۹/۹	۶۶/۵	۵۷/۱	۹۷/۵	۹۶/۳	۱۳۷۲-۷۳
۱۳۶/۵۷	۱۱۶/۱۵	۹۶/۶	۹۲/۰۵	۳۹۹/۰	۳۱۶/۰	۳۸۹/۱	۳۳۹/۲	۱۳۷۳-۷۴
۲۲/۷	۲۱/۲	۴۳/۷	۱۷/۵	۳۲۰/۰	۲۰۰/۰	۲۳۹/۰	۲۱۸/۰	۱۳۷۴-۷۵
۱۴۶	۱۱۶	۱۴/۷	۷/۶۲	۹۴/۶	۶۴/۹	۷۸/۰	۷۵/۷	۱۳۷۵-۷۶
۱۰/۵	۹/۹۲	۹۰/۹	۶۰/۸	۳۳۵	۲۶۹	۵۴۲/۰	۴۲۰/۰	۱۳۷۶-۷۷
۱۰/۳	۹/۱۱	۱۴/۷	۸/۸۹	۵۵/۵	۲۹/۶	۵۰/۱	۴۲/۳	۱۳۷۷-۷۸
۷/۸	۷/۸	۲۸/۵	۱۰/۷	۷۲/۴	۲۸/۳	۸۳۰ E	۷۵/۷	۱۳۷۸-۷۹
۲۱	۲۰/۷	۲۳	۶/۷۸	۴۱/۱	۳۶/۱	۳۴/۱ E	۲۸/۷ E	۱۳۷۹-۸۰
۳۱/۷۴ E	۱۷/۵	۳۹/۴	۲۵/۲	۸۰/۶۰ E	۵۷/۸۱ E	۱۰۵/۵۴ E	۹۷/۲۸ E	۱۳۸۰-۸۱
۳۵/۸۷ E	۲۱	۱۵/۳۴ E	۳/۶۳	۵۷/۷۷ E	۳۸/۱۳ E	۵۷/۶۱ E	۵۱/۲۷ E	۱۳۸۱-۸۲
۱۱۴/۴۸ E	۸۷/۵	۱۵/۹۱ E	۴/۱۱	۶۷/۲۸ E	۴۶/۳۲ E	۷۶/۲۷ E	۶۹/۱۸ E	۱۳۸۲-۸۳
۱۶۱/۶۶ E	۱۳۷/۵۲ E	۶۵/۶۶ E	۴۶/۲	۲۰۷/۳۰ E	۱۶۷/۰۴ E	۵۲۲/۷۱ E	۴۹۷/۶۳ E	۱۳۸۳-۸۴
۴۲/۰۲ E	۳۰/۵۷ E	۱۰۷/۹۹ E	۱۹/۸۹ E	۷۳/۲۸ E	۵۱/۵۰ E	۸۹/۰۲ E	۸۱/۴۲ E	۱۳۸۴-۸۵

E= Estimated

جدول شماره (۳): روابط همبستگی حداکثر دبی لحظه‌ای و روزانه ایستگاههای منتخب

روابط تکمیل آمار حداکثر دبی لحظه‌ای				روابط تکمیل آمار حداکثر دبی روزانه				روابط همبستگی
r	n	b	a	r	n	b	a	نام ایستگاه
۰/۹۹	۲۲	۱/۰۴۲	۴/۱۸	۰/۹۹	۳۴	۰/۹۸۷	۱/۰۴	پل کهنه
۰/۹۷	۲۰	۱/۱۶۰	۱۳/۵۴	۰/۸۰	۲۶	۰/۶۵۰	۲/۹۵	حجت آباد
۰/۸۷	۲۳	۱/۱۸۲	۱۱/۰۵	۰/۶۶	۲۶	۰/۷۶۴	۰/۶۹	خرس آباد
۰/۹۹	۲۱	۱/۲۳۴	۴/۳۰	۰/۷۷	۳۳	۰/۷۸۹	۰/۹۵	دو آب مرک

همان گونه که در جدول شماره (۴) ملاحظه می‌شود به کمک این روابط، حداکثر دبی روزانه ایستگاههای مورد مطالعه برای یک دوره ۴۰ ساله (۸۵-۱۳۴۵) تکمیل و تطویل شده است. برای تطویل آمار حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاههای مورد مطالعه بین آمار موجود حداکثر دبی روزانه و حداکثر دبی لحظه‌ای همان ایستگاه نیز رابطه همبستگی به صورت ذیل برقرار و روابط حاصل در جدول شماره (۳) درج شده است.

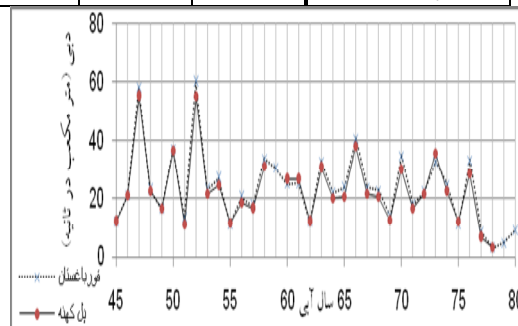
$$Q_p = a + bQ_D \quad (۱)$$

که در این رابطه

Q_D : حداکثر دبی روزانه رودخانه در ایستگاه مورد مطالعه برحسب متر مکعب در ثانیه؛

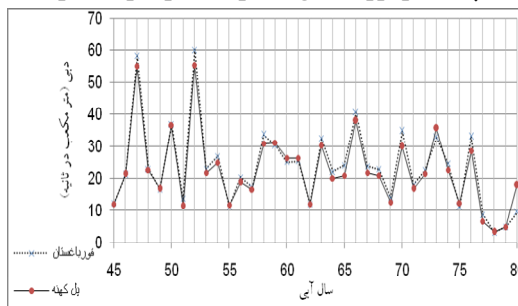
Q_p : حداکثر دبی لحظه‌ای در ایستگاه مورد مطالعه برحسب متر مکعب در ثانیه؛

a, b : ضرایب ثابت طبق جدول شماره (۳). به کمک رابطه (۶) و آمار تکمیل و تطویل شده آبدی روزانه ایستگاههای مورد مطالعه در جدول شماره (۲)، و استفاده از مقادیر a, b در جدول شماره (۳)، آمار حداکثر دبی لحظه‌ای این ایستگاهها نیز تا ۴۰ سال تطویل شده است. در جدول شماره (۲) مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای و دبی روزانه آنها برای ایستگاههای مورد مطالعه درج شده است. شایان ذکر است که در جدول شماره (۳) به منظور برآورد حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاههای منتخب به ازای دوره برگشت‌های مختلف، چگونگی برآزش این مقادیر به توزیع‌های مختلف احتمال (لوگ نرمال ۲ و ۳ پارامتری، گامبل، پیرسون و لوگ پیرسون نوع ۳) مورد بررسی قرار گرفته است. سپس با توجه به مقادیر کمترین خطای استاندارد، مناسبترین توزیع احتمال انتخاب شده که برای تمام ایستگاهها، توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ بهترین برآزش را با داده‌های آماری مربوط داشته است. به کمک این توزیع مقادیر حداکثر دبی لحظه‌ای در ایستگاههای منتخب به ازای دوره برگشت‌های مختلف برآورد شده و نتایج حاصل از این محاسبات در جدول شماره (۵) درج شده است.



شکل شماره (۲): مقایسه نوسانات دبی سالانه ایستگاه آبسنجی

پل کهنه و قورباغستان قبل از تکمیل و تطویل آمار



شکل شماره (۳): مقایسه نوسانات دبی سالانه ایستگاه آبسنجی

پل کهنه و قورباغستان بعد از تکمیل و تطویل آمار

جدول شماره (۴): مقادیر دبی سالانه ایستگاههای منتخب در سالهای آبی ۱۳۴۵-۱۳۸۵ بر حسب متر مکعب در ثانیه

نام ایستگاه	قورباغستان	پل کهنه	حجت آباد	خرس آباد	دو آب مرک
حداکثر	۶۰/۲	۵۵/۵	۲۳/۰	۴/۸	۱۵/۷
متوسط	۲۴/۱	۲۲/۹	۹/۷	۱/۸	۶/۶
حداقل	۳/۳	۳/۴	۲/۵	۰/۲	۱/۰
انحراف معیار	۱۲/۶	۱۱/۹	۴/۵	۱/۱	۳/۳
ضریب تغییرات	۵۲/۳	۵۲/۰	۴۶/۱	۶۱/۲	۴۹/۸

جدول شماره (۵): پیک سیلاب ایستگاههای منتخب به ازاء دوره‌های برگشت مختلف با برآزش آماری بر حسب متر مکعب در ثانیه

نام ایستگاه	دوره برگشت (سال)					
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
پل کهنه	۱۲۷	۲۶۴	۴۱۹	۷۲۹	۱۰۸۳	۱۵۸۷
حجت آباد	۸۵	۱۴۵	۲۱۰	۳۳۵	۴۷۲	۶۶۳
خرس آباد	۴۶	۸۱	۱۰۸	۱۴۷	۱۷۸	۲۱۲
دوآب	۴۹	۱۰۶	۱۵۹	۲۴۳	۳۲۰	۴۰۹
مرک						

برآورد سیلاب به روش کریگر

فرمول کریگر یکی از فرمول‌هایی است که به صورت گسترده برای تعیین دبی حداکثر سیلاب در سطوح حوزه‌های آبریز بزرگ و کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد و کاربرد فراوانی در تعیین دبی پیک سیل در حوزه‌های فاقد آمار دارد (وزارت نیرو سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۵). همچنین به علت بهره‌گیری از مجموعه اطلاعات جهانی جهت ارائه این فرمول، جنبه عمومی استفاده از آن افزایش یافته است. رابطه کریگر به صورت زیر است:

$$Q = 46CA^{(0.894A^{0.048})} \quad (۷)$$

که در آن :

Q : دبی پیک سیلاب به فوت مکعب در ثانیه؛

A : مساحت حوزه آبریز به مایل؛

C : ضریب حوزه که مقدار آن به شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی حوزه آبریز مورد مطالعه بستگی دارد.

برآورد سیلاب به روش SCS²

محاسبه حجم رواناب حاصل از بارندگی رگباری با استفاده از شماره منحنی (CN) یک روش شناخته شده بین‌المللی است. سازمان حفاظت خاک آمریکا این روش را که موسوم به روش SCS یا هیدروگراف واحد بدون بعد است. در سال ۱۹۵۷ ارائه کرده است. نتایج کار بر روی آن نشان داد که مدل قادر است بر روی هر نوع حوزه آبخیز شهری، طبیعی، مختلط (ترکیبی از شهری و طبیعی) به کار رود (قهردی تالی، ۱۳۸۵). این روش همچنین در حوزه‌هایی که دارای آمار بارندگی و دبی نیز هستند توانایی استفاده دارد. هدف در منطقه مطالعاتی از چند دیدگاه مدنظر بوده که بررسی کارایی روش SCS در مورد یک محدوده مشخص

جغرافیایی با شرایط جغرافیایی - اقلیمی تا حدود زیادی معرف شرایط غالب منطقه وسیعی از کشور است. (غیائی، ۱۳۷۵). وضعیت خاص ژئومرفولوژی و فیزیوگرافی محدوده مطالعاتی و نیز موقعیت زیر حوزه‌های مشرف به آن از نظر سیلاب‌خیزی و تهدید اراضی کشاورزی با سیلاب‌های اراضی مرتفع و مجاور شرایط خاصی را به وجود آورده بود که سبب انتخاب این محدوده شده است در روش SCS اطلاعات فیزیوگرافی حوزه آبریز، نفوذپذیری حوزه و حداکثر بارش استفاده می‌شود. (نشاط و صدقی، ۱۳۸۵). در این مطالعه از برنامه کامپیوتری HEC-HMS^۲ استفاده شده است (Soil Conservation Service, 1972) این نرم‌افزار قابلیت تبدیل بارش به رواناب سطحی را دارا است (Knebl, et al., 2005). در صورتی که تعداد سیلاب‌ها برای واسنجی و صحت یابی مدل در حوزه کفایت کند این مرحله نیز انجام می‌شود. در مرحله واسنجی به لحاظ اهمیت دبی اوج در وقوع سیل بهتر است مقادیر حداکثر دبی به عنوان شاخص کالیبراسیون مدنظر قرار گیرد (HEC, HMS, 2009). برای کالیبراسیون و ارزیابی عملکرد مدل، چهار معیار ارزیابی از جمله ضریب بازدهی Nash-Sutcliffe (E)، خطای حجم رواناب (D_v)، خطای تخلیه پیک سیلاب (D_p)، خطای مطلق زمان پیک ($|\Delta T|$)، استفاده شد.

معادله‌ها برای (E)، (D_v)، (D_p) و ($|\Delta T|$) به شرح زیر است :

$$E = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{si} - Q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{oi} - \bar{Q}_o)^2} \quad (۸)$$

$$D_v (\%) = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{si}) - \sum_{i=1}^N (Q_{oi})}{\sum_{i=1}^N (Q_{oi})} \times 100 \quad (۹)$$

$$D_p (\%) = (Q_{sp} - Q_{op}) / Q_{op} \times 100 \quad (۱۰)$$

$$|\Delta T| = |T_{sp} - T_{op}| \quad (۱۱)$$

که در این روابط

Q_{oi} , Q_{si} : مقدار سیلاب مشاهده‌ای و محاسباتی در بازه زمانی i

\bar{Q}_o : میانگین سیلاب مشاهده‌ای در بازه مورد محاسبه است؛

Q_{sp} , Q_{op} : مقدار پیک سیلاب در هیدروگراف مشاهده‌ای و محاسباتی است؛

T_{sp} و T_{op} : زمان رسیدن به پیک سیلاب در هیدروگراف‌های

مشاهده‌ای و محاسباتی است؛

N : تعداد بازه‌های زمانی است؛

در رابطه (۸) هر چه مقدار E بزرگتر باشد، نشان‌دهنده عملکرد بهتر

مدل است (Ying Chen, et al., 2009).

- اطلاعات مورد نیاز برای انجام محاسبات در این نرم افزار به شرح ذیل است. (Beighley, and Moglen, 2003):
- فیزیوگرافی حوزه آبریز؛
 - وضعیت نفوذ پذیری حوزه آبریز؛
 - مقدار عددی پارامتر CN؛
 - انتخاب الگوی طراحی و تداوم بارندگی؛
 - رونیدیایی سیلاب در رودخانه؛
 - هریک از موارد فوق الذکر در ادامه مشخص شده است.
- ۱- کلیه مشخصات فیزیوگرافی حوزه‌های آبریز مورد مطالعه در جدول شماره (۶) درج شده است.

جدول شماره (۶): مشخصات فیزیوگرافی حوزه‌های آبریز مورد مطالعه

ردیف	مشخصات فیزیوگرافی	حوزه آبریز	پل کهنه	حجت آباد	خرس آباد	دو آب مرک
۱	مساحت حوزه آبریز (کیلومتر مربع)	۵۰۲۶	۱۳۳۸	۱۴۶۰	۱۲۴۳	
۲	محیط حوزه آبریز (کیلومتر)	۲۸۶	۱۷۲	۲۲۲	۱۷۶	
۳	ضریب گراویلیوس	۱/۵	۱/۳	۱/۶	۱/۴	
۴	طول بلندترین آبراهه (کیلومتر)	۱۸۵	۶۰	۱۲۰	۷۰	
۵	شیب متوسط حوزه آبریز (درصد)	۹/۶	۱۲/۶	۶/۲	۱۱	
۶	زمان تمرکز حوزه آبریز (ساعت)	۳۰	۱۱	۲۴	۱۳	
۷	ارتفاع متوسط حوزه آبریز از سطح دریا(متر)	۱۶۰۴	۱۷۰۹	۱۵۹۴	۱۵۵۷	
۸	شیب متوسط پروفیل طولی رودخانه (درصد)	۰/۱۴	۰/۴	۰/۲۵	۰/۱۸	
۹	شیب ناخالص پروفیل طولی رودخانه (درصد)	۰/۵۱	۱/۱۸	۰/۷۵	۱/۰۱	

(مرکز تحقیقات آب، ۱۳۸۱)

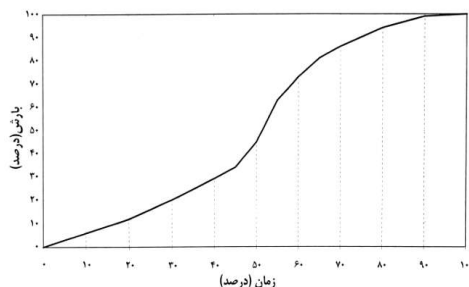
آنست که ضرورت دارد شدت بارندگی در تخمین CN نادیده گرفته شود. البته، برای تعیین دقیق تر CN به دلیل پراکندگی نقاط در اطراف حالت متوسط زیاد است و حد بالا و پایین پراکندگی نقاط به رطوبت پنج روز قبل خاک ارتباط داده شده است، بدین ترتیب سه مقدار CN برای خاک پیشنهاد شده است. دامنه تغییرات مقدار CN که عدد بدون بعد است بین صفر تا ۱۰۰ تغییر می‌کند که CN صفر مربوط به خاکی است که بارندگی هیچ‌گونه روانابی در آن ایجاد نکنند و CN برابر ۱۰۰ مربوط به خاکی است که کلیه مقادیر بارندگی به رواناب تبدیل شود و مقدار نفوذ برابر با صفر است (Rallison, 1980). با توجه به این که محدوده مورد مطالعه بیشتر شامل مزارع غلات است، CN حدود ۷۳ فرض شد. مهم‌ترین سیلابی که در سالهای اخیر در منطقه مورد مطالعه اتفاق افتاده مربوط به اسفندماه ۱۳۷۶ است که پیک سیلاب آن بالا بوده و آمار آن با دقت مناسبی برداشت شده بنابراین برای تدقیق مقدار CN در نظر گرفته شده، اقدام به کالیبراسیون سیلاب مورخ ۱۳۷۶/۱۲/۲۸ شده است. بدین منظور حوزه آبریز رودخانه مرک تا محل ایستگاه آبسنجی خرس آباد که هیدروگراف و هیتوگراف همزمان آن

۲- با توجه به وضعیت زمین‌شناسی منطقه و نوع سازندهای آن، مقدار نفوذپذیری در سطح حوزه‌های آبریز مورد مطالعه حدود ۵ میلیمتر در ساعت در نظر گرفته شده است.

۳- محاسبه CN بر اساس گروههای هیدرولوژیکی خاک^۴، بهره‌وری از زمین^۵، وضعیت هیدرولوژیکی^۶ و وضعیت رطوبت پیشین خاک^۷ صورت گرفت (مهدوی، ۱۳۷۱؛ Hjelmfelt, 1980). شماره منحنی SCS (CN) تابعی از سناریوی گسترش کاربری اراضی در زمین‌های حوزه آبریز است (McColl and Agget, 2007). مقدار معین CN برای نوعی خاص از خاک و پوشش بدین ترتیب حاصل می‌شود که با رسم نقاط متناظر بر روی محور مختصات، محور افقی مقدار بارندگی و محور عمودی رواناب با مقیاس یکسان و با برازش بهترین خط از بین نقاط رسم شده منحنی مربوط CN برای خاک با پوشش مشخص به دست آمده است (Cheng - Lung, 1982) در توصیف مقادیر CN به دست آمده از این طریق موکاس (۱۹۴۹) اعلام می‌دارد: شماره منحنی CN برای هر ترکیب پوششی و خاک مقادیر متوسطی‌اند که خیلی دقیق نبوده و مبین حالت متوسطی برای یک حوزه هستند، دلیل دقیق نبودن

p_{24} : حداکثر بارش ۲۴ ساعته است.

در این بررسی که هدف، مطالعه سیل رودخانه قره سو در محل دوآب قزانچی و پل کهنه است، باید حجم سیل برای تداوم های مختلف بارندگی محاسبه شود و تداومی که در آن حجم سیل حداکثر می شود به عنوان تداوم بارندگی طراحی در نظر گرفته شود. بدین منظور مقادیر سیل ۱۰۰ ساله به ازای تداوم های مختلف بارندگی محاسبه شد که در نتیجه حداکثر سیلاب به ازای بارندگی با تداوم ۲۴ ساعت به وجود آمد بنابراین در این بخش از مطالعات از بارش با تداوم ۲۴ ساعت استفاده شده است.



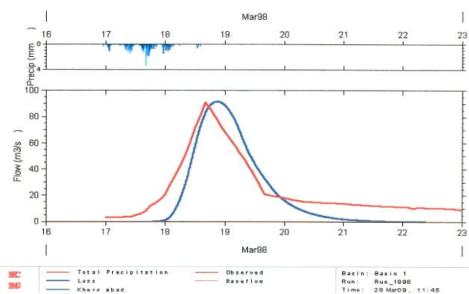
شکل شماره (۴) : الگوی بارندگی منتخب در محدوده

مورد مطالعه

۵- هر قدر مساحت حوزه آبریز مورد مطالعه کمتر باشد نتایج روش تجربی SCS، از دقت بالاتری برخوردار است. بنابراین با توجه به این که مساحت حوزه آبریز مورد مطالعه حدود ۵۰۲۶ کیلومتر مربع است اقدام به تقسیم حوزه آبریز به چند زیر حوزه شد. حوزه های آبریز رودخانه راز آور تا محل ایستگاه آب سنجی حجت آباد، رودخانه مرک تا محل ایستگاه آب سنجی خرس آباد، رودخانه قره سو تا محل ایستگاه آب سنجی دوآب مرک، از جمله این زیر حوزه ها هستند. همچنین به منظور برآورد پیک سیلاب و هیدروگراف آن در رودخانه قره سو تا محل دوآب قزانچی که ابتدای منطقه طرح است، زیر حوزه میانی نیز به دو زیر حوزه بالادست و پایین دست دوآب قزانچی تقسیم شد. شماتیک حوزه آبریز مورد مطالعه و زیر حوزه های آن در شکل شماره (۵) نشان داده شده است.

در انتقال سیلاب از هر یک از زیر حوزه های آبریز مورد مطالعه به سمت پایین دست، مقدار پیک سیلاب و زمان رسیدن به اوج تغییر می یابد و پیک سیلاب اندکی کاهش و زمان رسیدن به پیک افزایش می یابد. در واقع نمی توان سیلاب چند زیر حوزه را با هم جمع و به عنوان هیدروگراف سیلاب در پایین دست منظور کرد.

موجود و دارای دقت نسبی مناسبی بوده برای تدقیق مطالعات مورد بررسی قرار گرفت. قابل توجه است هیتوگراف مربوط به سیل اسفند سال ۱۳۷۶ از آمار ایستگاه ماهیدشت که تقریباً در مرکز حوزه آبریز مورد مطالعه قرار گرفته و می تواند معرف بارش حوزه آبریز خرس آباد باشد استخراج شده است. همان گونه که در شکل شماره (۳) نیز ملاحظه می شود با فرض $CN=73$ هیدروگراف سیل محاسبه شده به روش SCS تطابق خوبی با هیدروگراف مشاهداتی دارد. بنابراین مقدار عددی مشخصه CN در تمامی زیر حوضه ها برابر ۷۳ در نظر گرفته شد.



شکل شماره (۳) : هیدروگراف سیلاب محاسبه شده و

مشاهداتی رودخانه مرک در محل ایستگاه خرس آباد در

اسفند ۱۳۷۶

۴- در این بخش از مطالعات سیلاب سعی شد برای انتخاب الگوی طراحی و تداوم بارندگی اطلاعات باران سنجی ثبات ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه جمع آوری شود. بدین منظور آمار سه ساعته بارندگی های این ایستگاه در تاریخ هایی که سیلاب در منطقه حادث شده جمع آوری شد و به صورت الگوی بارندگی همراه با الگوی هرشفیلد رسم شد و سپس با بررسی الگوهای مشاهده شده در محدوده مورد مطالعه، الگوی هرشفیلد به عنوان الگوی طراحی انتخاب شد که در شکل شماره (۴) نشان داده شده است. برای مشخص کردن تداوم بارندگی طراحی، به کمک الگوی بارندگی طراحی، رابطه (۸) و مقادیر حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه، هیدروگراف سیل برای تداوم های مختلف بارندگی برآورد شد.

$$p_t = 0.411 p_{24} T^{0.28} \quad (8)$$

در این رابطه

T : تداوم بارندگی بر حسب ساعت؛

p_t : مقدار بارندگی با تداوم t ساعته؛

محاسبات مربوط به روش SCS

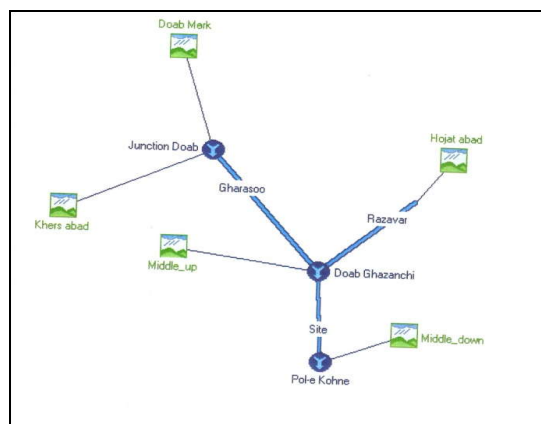
با در نظر گرفتن اطلاعاتی که در بالا ذکر شد و حداکثر بارش ۲۴ ساعته، ایستگاههای معرف اقدام به برآورد سیل به روش SCS شد. با توجه به موقعیت حوزههای آبریز مورد مطالعه و ایستگاههای دارای آمار بارش، برای هر یک از زیر حوزهها یک ایستگاه به عنوان معرف بارش آن زیر حوزه تعیین و سعی شد که آمار آن ایستگاه بتواند نشان‌دهنده وضعیت بارش کل زیر حوزه مربوط باشد. بدین منظور ایستگاه حجت آباد معرف زیر حوزه رودخانه راز آور تا محل ایستگاه آب‌سنجی حجت آباد، ایستگاه ماهیدشت معرف زیر حوزه رودخانه مرک تا محل ایستگاه آب‌سنجی خرس آباد، ایستگاه دوآب معرف زیر حوزه رودخانه قره سو تا محل ایستگاه آب‌سنجی دو آب مرک و ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه معرف سایر زیر حوزهها در نظر گرفته شد. با استفاده از حداکثر بارش به ازای دوره برگشت‌های مختلف، مقادیر سیلاب به ازای دور برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ سال برای محل‌های مورد نظر برآورد و نتایج در جدول شماره (۸) درج شد

جدول شماره (۸): پیک سیلاب محل‌های منتخب به ازای

دوره‌های برگشت مختلف به روش SCS بر حسب مترمکعب در ثانیه

نام محل	دوره برگشت (سال)						مساحت حوزه (کیلومتر مربع)
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	
پل کهنه	۱۲۹	۳۴۸	۵۸۹	۷۷۸	۱۱۰۸	۱۵۲۰	۵۰۲۶
حجت آباد	۷۶	۱۸۳	۲۸۱	۴۰۸	۵۱۷	۶۳۲	۱۳۳۸
خرس آباد	۴۰	۷۰	۱۳۳	۱۷۰	۲۶۹	۴۱۱	۱۴۶۰
دوآب مرک	۶۳	۱۵۲	۲۳۴	۲۵۹	۳۶۹	۵۱۸	۱۲۴۳
دوآب قزانچی	۱۳۱	۳۵۰	۵۸۶	۷۶۸	۱۰۸۴	۱۴۷۹	۴۵۸۵

همچنین هیدروگراف سیل به ازای دوره برگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ سال رودخانه قره سو در محل دوآب قزانچی و پل کهنه در شکل‌های شماره (۶) الی (۹) ارائه شده است.



شکل شماره (۵): شماتیک زیر حوزه‌های آبریز مورد مطالعه

نتایج و بحث

نتایج روش کریگر

برآورد پیک سیلاب در رودخانه قره سو در محل دوآب قزانچی روش کریگر امکان پذیر است. بنابراین با استفاده از این فرمول و مقادیر پیک سیلاب برآورد شده با دوره‌های برگشت مختلف برای رودخانه قره سو در محل ایستگاه آب‌سنجی پل کهنه، حدود مقادیر C برای این ایستگاه تعیین می‌شود و این ضرایب برای محدوده مورد مطالعه همین ضریب در ایستگاه پل کهنه پیشنهاد می‌شود. مقدار ضریب C به ازای دوره‌های برگشت مختلف در جدول شماره (۷) درج شده است.

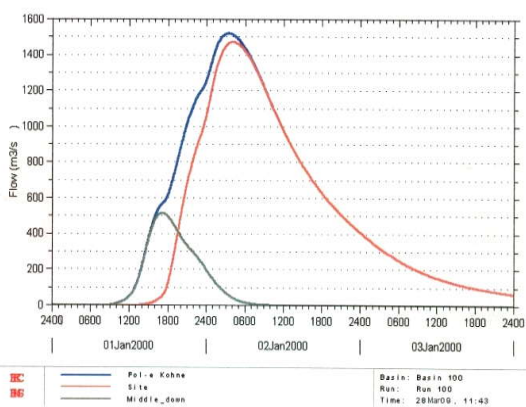
با در نظر گرفتن این ضرایب و به کمک رابطه کریگر، مقادیر پیک سیلاب رودخانه قره سو در محل دوآب قزانچی برآورد و در جدول فوق‌الذکر ارائه شده است.

جدول شماره (۷): پیک سیلاب رودخانه قره سو در محل دوآب

قزانچی به ازای دوره‌های برگشت مختلف به روش کریگر بر

حسب متر مکعب در ثانیه

نام محل	دوره برگشت (سال)						مساحت حوزه (کیلومتر مربع)
	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	
پل کهنه	۱۲۷	۲۶۴	۴۱۹	۷۲۹	۱۰۸۳	۱۵۸۷	۵۰۲۶
ضریب C کریگر	۰/۹	۱/۸	۲/۹	۵/۱	۷/۵	۱۱/۰	-
دوآب قزانچی	۱۲۲	۲۵۴	۴۰۳	۷۰۳	۱۰۴۵	۱۵۳۰	۴۵۸۵



شکل شماره (۹): هیدروگراف سیلاب ۱۰۰ ساله رودخانه قره سو در محل پل کهنه

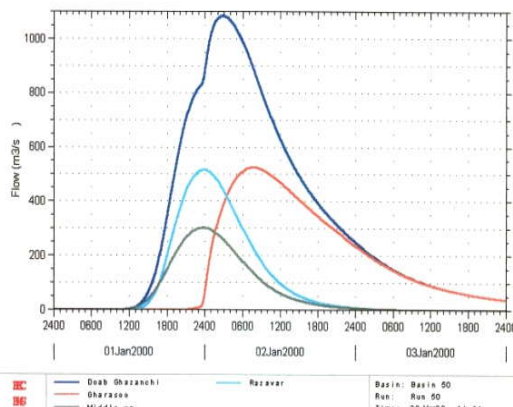
همان گونه که ملاحظه می شود مقدار حداکثر سیلاب رودخانه قره سو در محل دو آب قزانچی و پل کهنه با دوره برگشت ۱۰۰ سال به ترتیب ۱۴۷۹ و ۱۵۲۰ متر مکعب در ثانیه برآورد شده است.

نتیجه گیری

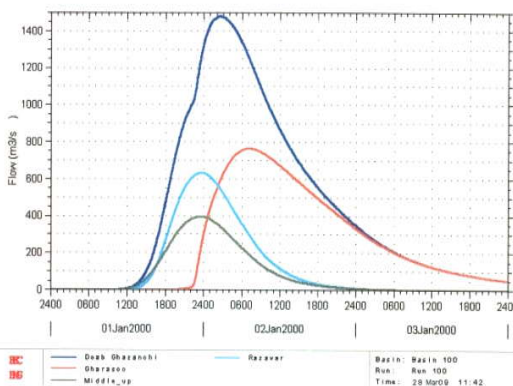
برای ایستگاه فاقد آمار دو آب قزانچی از روش کریگر استفاده شد برای نمونه میزان سیلاب به ازای دوره برگشت ۱۰۰ ساله برابر ۱۵۳۰ مترمکعب در ثانیه تخمین زده شد. در همین ایستگاه با استفاده از روش SCS مقدار دبی سیلاب حداکثر ۱۴۷۹ مترمکعب در ثانیه به ازای دوره برگشت ۱۰۰ ساله به دست آمد. در این مطالعات به دلیل وجود اشتباهات احتمالی در آماربرداری و عدم وجود هیدروگراف مشخص و کامل برای روش استفاده از آمار موجود ایستگاههای آبسنجی مورد مطالعه و همچنین ضعف روشهای مشاهده‌ای و همچنین دقت مناسب روش SCS که از مشخصه‌های مختلف اقلیمی، زمین شناسی و فیزیوگرافی و بارش استفاده می‌کند، در این مطالعات نتایج روش SCS به عنوان سیلاب طرح پیشنهاد می‌شود.

یادداشت‌ها

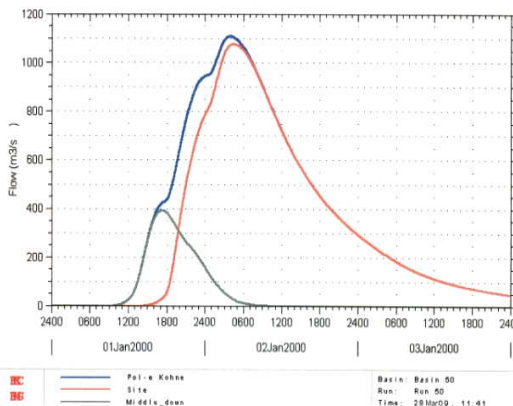
- 1- Spatially Distributed Unit Hydrograph
- 2- Soil Conservation Service (SCS)
- 3- Hydrologic Modeling System
- 4- Hydrologic soil groups
- 5- Land use
- 6- Hydrologic condition
- 7- Antecedent moisture condition



شکل شماره (۶): هیدروگراف سیلاب ۵۰ ساله رودخانه قره سو در محل دو آب قزانچی



شکل شماره (۷): هیدروگراف سیلاب ۱۰۰ ساله رودخانه قره سو در محل دو آب قزانچی



شکل شماره (۸): هیدروگراف سیلاب ۵۰ ساله رودخانه قره سو در محل پل کهنه

منابع مورد استفاده

توانا، م. ه. و یوسفوند، ف. ۱۳۸۵. بررسی روند جریان غالب در رودخانه‌ها، مطالعه موردی: رودخانه قره‌سو کرمانشاه، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، اهواز.

سالنامه آماری ۱۳۸۶. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، کرمانشاه.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۸۱. فرهنگ جغرافیایی شهرستان‌های کشور، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۸۴. فرهنگ جغرافیایی رودهای کشور حوزه آبریز خلیج فارس و دریای عمان، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.

شاه‌محمدی، ز. ۱۳۷۳. قابلیت به کارگیری روشهای تهیه هیدروگراف واحد مصنوعی در حوزه خراسان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

قهرودی تالی، م. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل SCS در تخمین رواناب حوزه آبریز سد اکبرکبیر کرج، مجله جغرافیا و توسعه، سال چهارم، شماره ۷، صص ۱۸۵ تا ۱۹۸.

غیاثی، ن. ۱۳۷۵. کاربرد هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی در حوزه آبخیز امامه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، صفحه ۱۳۶، دانشگاه تهران.

مرکز تحقیقات منابع آب ایران (تاماب). ۱۳۸۱. مطالعات مرحله دوم طرح ساماندهی و کنترل سیلاب قره سو، صص ۶۰ تا ۷۳.

مهدوی، م. ۱۳۷۱. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

نشاط، ع. و صدقی، ح. ۱۳۸۵. برآورد میزان رواناب با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک (SCS) و مدل HEC-HMS در حوضه آبخیز باغ ملک - استان خوزستان، مجله علوم کشاورزی، سال دوازدهم، شماره ۴، صص ۷۸۷ تا ۷۹۷.

وزارت نیرو. ۱۳۸۵. سازمان آب و برق خوزستان، مطالعات مرحله اول نیروگاه برقایی سادات حسینی - ایذه

Beighley, R.E., G.E., Moglen. 2003. Adjusting measured peak discharges from an urbanizing watershed to reflect a stationary land use signal, *Water Resources Research* 39 (4) (2003), p. 1093

Cheng – Lung, Ch. 1982. An Evaluation of the Mathematics and Physical Significance of the Soil Conservation Service Curve Number Procedure for Estimating Runoff Volume. *Journal of the irrigation and drainage division, ASCE, Vol. 125, NOIR 4, pp. 387-418*

Crobeddu, E.S., S., Bennis, S., Rhoulane. 2007. Improved Rational Hydrograph Method. *Journal of Hydrology, Vol 338, pp 63-72*

Grassotti, C., R. N., Hoffman, E. R., Vivoni, D., Entekhabi. 2003. Multiple-timescale intercomparison of two radar products and rain gauge observations over the Arkansas-Red River Basin, *Weather and Forecasting* 18 (2003) (6), pp. 1207–1229

Hjelmfelt, A. T. Jr. 1980. Empirical Investigation of Curve Number Technique *Journal of the Hydraulics Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Vol. 106, HY6, pp. 1107-1111*

- HEC-HMS .2009. Hydrologic Modeling System, User's Manual; U.S Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, Davis, C.A.
- Jayakrishnan, R., R., Srinivasan, J.G., Arnold. 2004. Comparison of rain gage and WSR-88D Stage III precipitation data over the Texas-Gulf basin, *Journal of Hydrology* 292 (2004) (1–4), pp. 135–152.
- Kilgore, J.L. 1997. Development and evaluation of a GIS based spatially distribution unit hydrograph model, Msc thesis in biological system engineering, the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, p.160
- Knebl, M.R., et al. 2005. Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event ; *Journal of Environmental Management* Vol. 75, Issue 4, June 2005, Pages 325-336
- McCull, C., G., Agget. 2007. Land-use forecasting and hydrologic model integration for improved land-use decision support, *Journal of Environmental Management* 84 (2007), pp. 494–512
- Nix, S.J. 1994. Urban storm water modeling and simulation .CRC press, Boca Raton, FL.
- Rallison, R.E. 1980. Origin and Evaluation of SCS Run off Equation Proceedings of Watershed Management, Symposium, ASCE, Boise, Idaho
- Ramirez Gorge, A. 2000. Geomorphologic instantaneous unit hydrograph, Colorado state university.
- Rudriguez – Iturbe , I., J.B., Valdes .1979. The geomorphologic structure of hydrologic response, *Water Resources . Research* 15 (6), 1409 -1421
- Rudriguez – Iturbe, I., G., Devoto, and J.B., Valdes. 1979. Discharge response analysis and hydrologic similarity the interrelation between the geomorphologic IUH and the storm characteristics, *Water Resource Research* 15 (6), 1435-1444
- Soil Conservation Service .1972. Hydrology SCS National Engineering Hand book, Section 4. Washington, D.C
- Van Der Tak, L.D., R.L., Bras. 1990. Incorporating hill slope effects into the geomorphologic instantaneous unit hydrograph, *water resource research* 26(10) pp. 2393-2400.
- Ying, C., Y., Xu. and Y., Yin. 2009. Impacts of land use change scenarios on storm-runoff generation in Xitiaoxi basin, China , *Quaternary International* , Vol. 208, Issues 1-2, 15 October 2009, Pages 121-128