

## پتانسیل سیل خیزی حوضه گرمی با تأکید بر مدیریت مخاطرات با استفاده از روش SCS (رودبار، استان گیلان)

اردوان بهزاد\*

استادیار گروه جغرافیا، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

ابراهیم مقیمی

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

فریده اسدیان

استادیار گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۱/۵ - تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۳/۲۸)

### چکیده

سیل از جمله فرایندهایی است که هر ساله خسارات فراوانی را موجب می‌شود و همواره مورد توجه کارشناسان هیدرولوژی بوده است. عواملی نظیر فیزیوگرافی، ژئومورفولوژی و عوامل انسانی می‌توانند این فرایند را در حوضه‌ها تسریع بخشند. محاسبه سیل در حوضه‌های فاقد ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری حائز اهمیت است. حوضه آبخیز گرمی از جمله حوضه‌هایی است که فاقد هر گونه آمار در این زمینه است؛ بنابراین به منظور به دست آوردن هیدروگراف سیل در این حوضه، از آنالیز منطقه‌ای استفاده شد. در تحقیق حاضر، پتانسیل سیلاب حوضه آبخیز گرمی با استفاده از روش SCS مطالعه شد. ابعاد هیدروگراف حوضه با توجه به مقادیر بارش ۲۴ ساعته، زمان تمرکز، شماره منحنی، بارش مازاد، زمان تا اوج و دبی اوج به دست آمد؛ سپس هیدروگراف سیل برای حوضه گرمی در دوره‌های زمانی ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه شد. نتایج نشان داد با توجه به فیزیوگرافی و مورفولوژی حوضه گرمی، این حوضه دارای توان سیل خیزی است.

**واژه‌های کلیدی:** آنالیز منطقه‌ای، دبی اوج، روش SCS، زمان تا اوج، گرمی، هیدروگراف.

## مقدمه

سیلاب زمانی روی می‌دهد که خاک و گیاهان نتوانند بارش را جذب کنند و در نتیجه، کانال طبیعی رودخانه کشتش گذردهی رواناب ایجادشده را نداشته باشد. به‌طور متوسط تقریباً ۳۰ درصد بارش به رواناب تبدیل می‌شود که این مقدار با ذوب برف افزایش می‌یابد [۷].

سیلاب‌های جاری در یک منطقه تأثیر مستقیم بر حوضه آبخیز، کشاورزی و اوضاع اجتماعی و اقتصادی آن دارند. سامان دادن به یک حوضه آبخیز بدون شناخت سیلاب‌های جاری و اثر سیلاب‌ها در منطقه و در نهایت معرفی راه حل‌های مناسب برای کاهش این تأثیرات امکان‌پذیر نیست. یکی از روش‌های برآورد سیلاب، روش موسوم به هیدروگراف بدون بُعد مربوط به سازمان حفاظت خاک آمریکا (Soil Conservation Services) است. در این روش مختصات نقاط هیدروگراف واحد از جدول بدون بُعد که در آن، مقادیر نسبت زمان ( $t/t_p$ ) در مقابل نسبت دبی ( $q/q_p$ ) داده شده است به دست می‌آید. برای به دست آوردن مختصات نقاط هیدروگراف از روی ( $t/t_p$ ) و ( $q/q_p$ ) باید مقادیر  $t_p$  و  $q_p$  محاسبه شود [۶]. برآورد سیلاب به روش SCS به‌طور معمول برای حوضه‌هایی به کار می‌رود که فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری هستند.

در این زمینه تحقیقات زیادی در داخل و خارج کشور انجام گرفته است. گیتا و همکاران [۲۳]، یاهتا و همکاران [۲۲]، و نیز رسما و همکاران [۲۴] در هندوستان برآورد سیلاب به روش SCS را در برخی از حوضه‌ها مطالعه کرده و خسارات ناشی از سیلاب را بررسی کردند. حیدری‌زاده درباره توسعه روش SCS با مفهوم روش منطقی در برآورد پیک سیلاب برای حوضه هلیلان به تحقیق پرداخت [۶]. بهزاد و همکاران به بررسی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه گوهررود پرداختند [۲] و نیز پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز لیافو را در حوضه سفیدرود با استفاده از پارامترهای ژئومورفولوژیک تشریح کردند [۱]. ثروتی و همکاران، برآورد پتانسیل سیلاب را در دو حوضه آبخیز زیلکی و فیره‌رود به روش SCS، مقایسه کردند و با توجه به فیزیوگرافی و مورفولوژی حوضه فیره‌رود، توان سیل‌خیزی این حوضه را بیشتر از حوضه زیلکی دانستند [۳]. بهزاد و همکاران در حوضه آبخیز تاریک [۲۱] و همچنین حمزه و همکاران در حوضه آبخیز خرشک، با استفاده از روش SCS، به بررسی روند سیل‌خیزی پرداختند [۵].

با توجه به مطالب یادشده، در این تحقیق پتانسیل سیلاب حوضه گرمی با روش SCS محاسبه و عوامل ژئومورفولوژیک مؤثر بر آن بررسی شده است.

حوضه آبریز سفیدرود از سد سفیدرود در منجیل تا مصب خود، ده حوضه آبخیز اصلی را دریافت می‌کند. بیشتر این حوضه‌ها آبدهی بسیار زیادی دارند؛ بنابراین شناسایی خصوصیات

فیزیوگرافی و سیل خیزی این حوضه‌ها قبل از هر گونه توسعه عمرانی در این بخش‌ها توصیه می‌شود. در حاشیه رودخانه گرمی به دلیل شرایط فیزیوگرافی، اراضی حاصلخیزی برای کشاورزی به وجود آمده است. پهنه‌های سیلابدشت و مناسب بودن رسوبات آن برای کشاورزی، سبب شده است که در این محدوده از رودخانه، برنج و دیگر محصولات کشاورزی کشت شود. این رودخانه فاقد ایستگاه هیدرومتری یا باران‌سنجی است؛ در نتیجه اطلاعات حاکی از سابقه سیل خیزی در این حوضه وجود ندارد. از طرفی در سال‌های اخیر بهره‌برداری از درختان جنگلی در اراضی حوضه سبب شده که رواناب‌های حاصل از بارندگی در این بخش افزایش یابد. تغییرات کاربری، توسعه شبکه راه‌ها و مناطق مسکونی موجب افزایش تولید رواناب و خطر سیلاب می‌شود [۱۳]. با توجه به گسترش اراضی حاصلخیز، وجود یک آبادی در حاشیه رودخانه، عبور رودخانه از آزادراه رشت - قزوین و جلوگیری از فاجعه احتمالی، در این تحقیق خصوصیات فیزیوگرافی و سیل خیزی حوضه آبخیز گرمی با استفاده از روش SCS بررسی شده است.

## مواد و روش‌ها

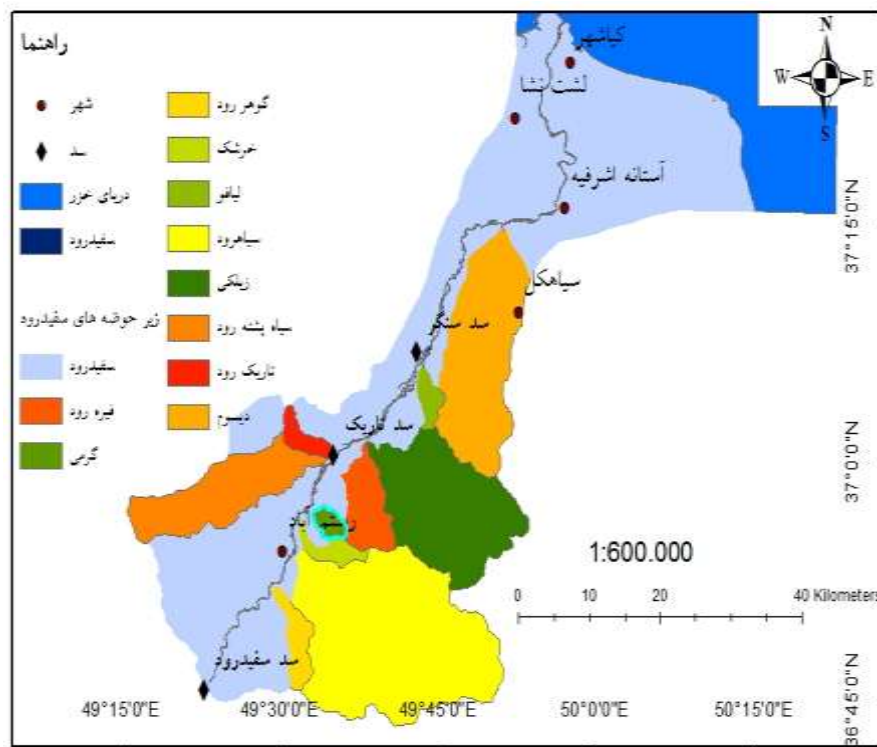
### ویژگی‌های منطقه تحقیق

حوضه آبخیز گرمی در استان گیلان و در محدوده شهرستان رودبار، بین حوضه‌های آبخیز فیره‌رود و خرشک گسترده شده است. رودخانه جاری در این حوضه قبل از سد تاریک و از بخش شرقی وارد بستر سفیدرود می‌شود. سرچشمه رودخانه گرمی، دامنه‌های غربی کوه درفک و چشمه‌های جاری در این بخش است. موقعیت جغرافیایی و مشخصات حوضه در شکل ۱ و جدول ۱ آورده شده است.

### روش مطالعه

این تحقیق برپایه مشاهدات میدانی و روش کتابخانه‌ای - تحلیلی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی، نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی، خاک و کاربری اراضی سازمان جنگل‌ها و مراتع، داده‌های هواشناسی سازمان هواشناسی و مرکز مطالعات منابع آب و آمار دبی ایستگاه‌های هیدرومتری این مرکز تهیه شده است. در ابتدا محدوده حوضه آبخیز گرمی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ مشخص و در محیط این نرم‌افزار خصوصیات فیزیوگرافی حوضه نظیر مساحت، شکل و سطوح ارتفاعی تعیین شد.

فیزیوگرافی این حوضه به گونه‌ای است که بخشی از آن کوهپایه‌ای است و بخشی دیگر که خروجی آن را در بر می‌گیرد، ماهیتی دشتی دارد. جهت برآورد اقلیم حوضه از ایستگاه‌های منجیل و توتکابن با ماهیت دشتی با دوره آماری ۹۳ - ۱۳۶۹ و شاه شهیدان و پیرکوه با ماهیت کوهستانی در دوره آماری ۹۳ - ۱۳۸۰ استفاده شد و معادله گرادیان بارندگی و دما برای حوضه به دست آمد. همچنین رودخانه گرمی فاقد ایستگاه هیدرومتری است. برای برآورد آبدهی این رودخانه از روش آنالیز منطقه‌ای استفاده شد و با توجه به روابط دبی-سطح، و استفاده از آمار ایستگاه‌های هیدرومتری شهر بیجار، توتکابن، پل سازمان، لوشان و گیلوان روابط لگاریتمی به صورت ماهانه و سالانه برای رودخانه به دست آمد.



شکل ۱. نقشه موقعیت حوضه آبخیز گرمی  
مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۱. مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبخیز گرمی

متغیر	واحد متغیر	میزان عددی متغیر
طول جغرافیایی	درجه - دقیقه - ثانیه	۴۹ ۳۲ ۵۳ - ۴۹ ۳۶ ۰۴
عرض جغرافیایی	درجه - دقیقه - ثانیه	۳۶ ۵۴ ۴۴ - ۳۶ ۵۶ ۴۸
حداکثر ارتفاع	متر	۸۸۰
حداقل ارتفاع	متر	۱۲۰
متوسط ارتفاع	متر	۵۱۰
مساحت حوضه	کیلومتر مربع	۱۲/۲
محیط حوضه	کیلومتر	۱۴/۳۰
طول حوضه	کیلومتر	۵/۵۲
عرض حوضه	کیلومتر	۳/۳۵
شیب بستر	درصد	۷/۳۸
طول آبراهه اصلی	کیلومتر	۵/۱۵
طول کل آبراهه‌ها	کیلومتر	۵۸/۰۸
تراکم آبراهه	در هر کیلومتر مربع	۴/۷۶
دانسیتته رودخانه	آبراهه در هر کیلومتر مربع	۱۰/۳۳
تعداد کل آبراهه‌های رتبه ۱	عدد	۹۹
تعداد کل آبراهه‌های رتبه ۲	عدد	۲۱
تعداد کل آبراهه‌های رتبه ۳	عدد	۵
تعداد کل آبراهه‌های رتبه ۴	عدد	۱
نسبت انشعابات	-	۵/۸۵
زمان تمرکز براساس روش کریچ	ساعت	۰/۱۰
شکل حوضه براساس روش گراویلوس	-	۱/۱۵
شکل حوضه براساس روش هورتن	-	۰/۴۰
شکل حوضه براساس روش میلر	-	۰/۷۵
نسبت دایره‌ای شکل حوضه	-	۰/۷۶
نسبت کشیدگی شکل حوضه	-	۰/۷۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۲. ضرایب دما، بارندگی و آبدهی برای حوضه آبخیز گرمی

ماه	بارندگی (میلی‌متر)	دما (درجه سانتی‌گراد)	آبدهی (متر مکعب در ثانیه)
مهر	$P = 0.01H + 23.40$	$T_{mean} = -0.004H + 21.01$	$Q = 1.1A^{0.2935}$
آبان	$P = 0.01H + 48.77$	$T_{mean} = -0.004H + 14.97$	$Q = 0.82A^{0.392}$
آذر	$P = 0.03H + 36.59$	$T_{mean} = -0.005H + 11.15$	$Q = 0.87A^{0.41}$
دی	$P = 0.02H + 28.41$	$T_{mean} = -0.005H + 9.57$	$Q = 0.46A^{0.439}$
بهمن	$P = 0.04H + 24.37$	$T_{mean} = -0.006H + 10.76$	$Q = 0.63A^{0.422}$
اسفند	$P = 0.01H + 46.56$	$T_{mean} = -0.006H + 13.50$	$Q = 0.44A^{0.519}$
فروردین	$P = 0.03H + 39.85$	$T_{mean} = -0.007H + 19.50$	$Q = 0.24A^{0.663}$
اردیبهشت	$P = 0.01H + 32.91$	$T_{mean} = -0.007H + 23.06$	$Q = 0.12A^{0.73}$
خرداد	$P = 0.03H + 4.18$	$T_{mean} = -0.007H + 26.80$	$Q = 0.13A^{0.625}$
تیر	$P = 0.02H + 12.33$	$T_{mean} = -0.007H + 29.99$	$Q = 0.40A^{0.403}$
مرداد	$P = 0.01H + 13.33$	$T_{mean} = -0.007H + 30.11$	$Q = 0.44A^{0.31}$
شهریور	$P = 0.01H + 17.85$	$T_{mean} = -0.005H + 25.91$	$Q = 0.65A^{0.24}$
سالانه	$P = 0.13H + 343.47$	$T_{mean} = -0.006H + 19.67$	$Q = 0.40A^{0.511}$

$H$  = ارتفاع (متر)  $P$  = بارندگی (میلی‌متر)  $T_{mean}$  = میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)  $Q$  = آبدهی (متر مکعب در ثانیه)  
 $A$  = مساحت حوضه (کیلومتر مربع) مأخذ: یافته‌های تحقیق

- با تعیین خصوصیات فیزیوگرافی، اقلیم، آبدهی حوضه گرمی، ابعاد هیدروگراف این حوضه نیز با روش SCS محاسبه شد. محاسبه ابعاد هیدروگراف بر پایه این روش به شرح زیر ارائه شد:
- در ابتدا براساس معادله گرادیان بارندگی سالانه، مجموع بارندگی سالانه و سپس متوسط بارندگی سالانه برای سطوح ارتفاعی مختلف به دست آمد؛
  - سپس با استفاده از بارش ۲۴ ساعته ایستگاه سینوپتیک منجیل و متوسط بارندگی حوضه آبخیز در سطوح ارتفاعی مختلف، با استفاده از نرم‌افزار RIMAC 1.0، بارش‌های یک‌ساعته با دوره بازگشت ده‌ساله ( $P_{10}^{60}$ ) محاسبه و سپس بارش‌های ۲۴ ساعته حوضه با دوره‌های بازگشت مختلف برای سطوح ارتفاعی محاسبه شد.
  - زمان تمرکز<sup>۱</sup> حوضه با استفاده از روش کرپیچ<sup>۲</sup> به دست آمد [۱۲: ۴۸۸].

1. Time of concentration  
 2. Kirpich

- براساس نقشه قابلیت اراضی حوضه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه محاسبه شد.
- شماره منحنی<sup>۱</sup>: جهت تعیین در حوضه پارامترهای زیر ضروری است:
- نوع استفاده از زمین<sup>۲</sup>، عملیات زراعی<sup>۳</sup>، وضعیت هیدرولوژیکی<sup>۴</sup>، گروه هیدرولوژیکی خاک<sup>۵</sup>
- با توجه به شرایط فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و شرایط هیدرولوژیک خاک، مقادیر CN حوضه نیز به دست آمد.
- مقدار S (کمبود اولیه ذخیره رطوبت خاک) از روی شماره منحنی به سانتی متر محاسبه شد. [۱۱۹: ۱۶].

$$S = \frac{2540}{CN} - 25/4 \quad (1)$$

ارتفاع بارش مازاد<sup>۶</sup> در حوضه با توجه به رابطه زیر به دست آمد [۱۱۷: ۱۶].

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

CN = شماره منحنی

S = کمبود اولیه ذخیره رطوبت خاک (میلی متر)

Q = مقدار بارش اضافی (میلی متر)

P = بارش ۲۴ ساعته (میلی متر)

- زمان تا اوج<sup>۷</sup> از رابطه ذیل به دست آمد. [۲۱۰: ۱۶].

$$t_p = 0.6T_C + T_C^{1/5} \quad (3)$$

$t_p$  = زمان تا اوج  $T_C$  = زمان تمرکز

از این پارامتر برای به دست آوردن زمان پایه<sup>۸</sup> استفاده می شود.

- دبی اوج<sup>۹</sup> (حداکثر دبی لحظه‌ای) از رابطه زیر به دست آمد: [۲۱۰: ۱۶].

$$q_p = \frac{2.083AQ}{t_p} \quad (4)$$

1. Curve Number
2. Land use
3. Treatment of Practices
4. Hydrology Condition
5. Hydrology Soil group
6. Effective rainfall – Rainfall excess
7. time to peak
8. Base time
9. peak discharge

$q_p$  = دبی اوج به متر مکعب در ثانیه؛

$A$  = مساحت حوضه به کیلومتر مربع

$Q$  = ارتفاع رواناب مستقیم یا بارش مازاد به سانتی‌متر؛

$t_p$  = زمان تا اوج.

از این پارامتر برای به دست آوردن  $Q_{max}$  با دوره‌های بازگشت مختلف استفاده می‌شود. متوسط ارتفاع حوضه آبخیز گرمی ۵۱۰ متر برآورد شده است. بر این اساس برای ساخت ابعاد هیدروگراف سیل رودخانه گرمی از متوسط بارندگی حوضه و همچنین بارش‌های ۲۴ ساعته با دوره‌های بازگشت مختلف، در این ارتفاع استفاده شده است.

### یافته‌های تحقیق

#### اقلیم

بر اساس ضرایب به دست آمده بارندگی - ارتفاع و دما - ارتفاع و دبی - سطح مقادیر بارندگی، دما و آبدهی حوضه گرمی مطابق جدول ۳ ارائه می‌شود.

جدول ۳. مقادیر بارندگی و دما و آبدهی در حوضه آبخیز گرمی

سالانه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	پارامتر
۴۰۸/۶۴	۲۱/۳۴	۱۲/۹۳	۲۱/۲۸	۱۸/۴۱	۴۰/۳۷	۵۳/۶۹	۴۴/۸۳	۴۳/۶۲	۳۶/۲۵	۵۲/۲۷	۵۵/۳۴	۲۶/۵۷	بارندگی
۲۱/۶۵	۲۳/۳۷	۲۶/۶۹	۲۶/۵۸	۲۳/۴۹	۱۹/۶۱	۱۵/۷۷	۱۰/۵۵	۷/۹۰	۶/۹۴	۸/۵۶	۱۳/۱۰	۱۹/۱۹	دما
۱/۴۹	۱/۴۹	۰/۹۲	۱/۱۰	۰/۶۲	۰/۷۵	۱/۳۶	۱/۶۱	۱/۸۱	۱/۳۸	۱/۴۳	۲/۱۹	۲/۲۹	آبدهی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در حوضه آبخیز گرمی در همه ماه‌ها به جز خرداد و مرداد، مقدار بارندگی، بیش از ۲۰ میلی‌متر است. مجموع بارندگی سالانه در این حوضه ۴۰۸/۶۴ میلی‌متر برآورد شده است. بیشینه بارندگی در آبان و کمینه آن در مرداد است. شروع بارندگی‌ها از اواخر شهریور است.



متوسط دمای سالانه ۲۱/۶۵ درجه سانتی گراد برآورد شده که بیشینه دما در مرداد و کمینه آن در دی است.

### آبدهی

آبدهی رودخانه نشان می‌دهد که با شروع بارندگی‌های منطقه از شهریور، دبی رودخانه افزایش می‌یابد، به طوری که در فصل پاییز که بارندگی به اوج خود می‌رسد، آبدهی رودخانه نیز در بیشترین حد است و با کاهش بارندگی از اردیبهشت، مقادیر آبدهی نیز کاهش می‌یابد. متوسط آبدهی سالانه رودخانه، ۱/۴۹ متر مکعب در ثانیه برآورد شده است.

### برآورد سیلاب به روش SCS

برای به دست آوردن ابعاد هیدروگراف حوضه آبخیز گرمی، مقادیر بارندگی ۲۴ ساعته این حوضه مطابق جدول ۴ محاسبه شد.

جدول ۴. بارش‌های ۲۴ ساعته حوضه‌های آبخیز با دوره‌های بازگشت مختلف

بارش متوسط حوضه	بارش ۲۴ ساعته	ایستگاه مینا	$P_{10}^{60}$	بارش حداکثر ۲۴ ساعته با دوره‌های بازگشت مختلف					
				۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰
۳۴/۱۵	۲۱/۷۸	منجیل	۲۲/۱۴	۱۰۱/۴۰	۹۰/۵۶	۷۹/۰۴	۶۴/۲۱	۵۲/۲۵	۳۴/۱

مأخذ: محاسبات نگارنده

در روش SCS زمان تمرکز حوضه آبخیز گرمی با استفاده از روش کریپچ [۱۲: ۴۸۸] مقدار ۰/۱۰ ساعت به دست آمد.

### گروه‌های هیدرولوژیک خاک

همان‌طور که اشاره شد، گروه‌های هیدرولوژیک خاک براساس نقشه قابلیت اراضی مطابق جدول ۵ برای حوضه به دست آمد.

جدول ۵. گروه‌های هیدرولوژیک خاک در حوضه آبخیز گرمی

توانایی تولید رواناب	گروه	حداقل نفوذپذیری (میلی‌متر در ساعت)	عمق	بافت	واحد اراضی
متوسط	B	۷	کم عمق	لومی	۱/۳
متوسط	B	۵	کم عمق	شنی -رسی	۱/۵
به نسبت زیاد	C	۳	نیمه عمیق	لومی	۳/۳

مأخذ: محاسبات نگارنده

**برآورد (CN)**

با استفاده از گروه‌های هیدرولوژیک خاک و نقشه کاربری اراضی، شماره منحنی یا CN برای حوضه گرمی به دست آمد.

**برآورد نفوذ (S)**

S یا نفوذ، حداکثر توان نگهداری مربوط به نفوذ در خاک و ذخیره سطحی حوضه را نشان می‌دهد. مقدار آن در رابطه با نوع کاربری و پوشش زمین و وضعیت سطح خاک از نظر نفوذپذیری و تداخل از نظر انتقال است.

جدول ۶. مقادیر CN و S

کاربری اراضی	CN	CN اصلاح شده	S (سانتی‌متر)
جنگل انبوه	۵۵	۷۵	۸/۵
جنگل کم تراکم	۶۰	۷۹	۶/۵
مراتع یا پوشش متوسط	۷۹	۹۴	۱/۶

مأخذ: محاسبات نگارنده

با توجه به وضعیت سطحی حوضه از نظر خاک، پوشش گیاهی، چگونگی استفاده از زمین و رطوبت اولیه خاک، نقشه شماره منحنی یا CN این حوضه به دست آمد که بیشترین سطح حوضه دارای عدد ۷۵ است [۱۲: ۴۹۲]. کمبود اولیه ذخیره رطوبت خاک یا S برای سطح حوضه، ۸/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

کمبود اولیه ذخیره رطوبت خاک یا S برای حوضه، ۱۴/۹ میلی‌متر به دست آمد. ارتفاع بارش مازاد با در دست داشتن مقدار CN و S، براساس جدول ۷ برای حوضه‌ها به دست آمد.

جدول ۷. برآورد ارتفاع بارش مازاد

CN	S سانتی‌متر	ارتفاع بارش مازاد (میلی‌متر)					
		۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۷۵	۸/۵	۶۹/۲۵	۴۳/۳۰	۵۵/۰۶	۶۹/۷۲	۸۱/۱۴	۹۱/۹۰

مأخذ: محاسبات نگارنده

با توجه به مقادیر زمان تمرکز، زمان تا اوج برای حوضه گرمی ۰/۳۸ به دست آمد، بدین معنی که زمان اوج دبی سیلاب در رودخانه گرمی ۰/۳۸ ساعت است. با در دست داشتن مقادیر مساحت، بارش مازاد و زمان تا اوج، دبی اوج (حداکثر دبی لحظه‌ای) با دوره‌های بازگشت مختلف مطابق جدول ۸ برای حوضه گرمی محاسبه شد.

جدول ۸. دبی حداکثر لحظه‌ای حوضه آبخیز گرمی با دوره‌های بازگشت مختلف

مساحت (کیلومتر مربع)	$T_C$	$t_p$	دبی حداکثر لحظه‌ای (متر مکعب بر ثانیه)					
			۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۱۲/۲	۰/۱۰	۰/۳۸	۱۷۳/۲۶	۲۹۲/۰۱	۳۷۱/۲۸	۴۷۰/۱۱	۵۴۷/۱۲	۶۱۹/۷۲

مأخذ: محاسبات نگارنده

با توجه به مطالب یادشده و با در دست داشتن  $t_p$  (زمان تا اوج) و  $q_p$  (حداکثر دبی لحظه‌ای)، ابعاد هیدروگراف واحد حوضه در دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه و ارائه شد. در جدول ۹، مقادیر ستون‌های اول و سوم ثابت است. مقادیر ستون دوم از روی مقادیر ستون اول به دست می‌آید، بدین صورت:

$$\frac{t}{t_p} = 0.1 \quad (5)$$

۰/۱ عدد ثابت ستون اول است.  $t_p$  حوضه آبخیز گرمی ۰/۳۸ ساعت برآورد شده است، عدد ۰/۳۸ را در عدد ۰/۱ ضرب می‌کنیم و مقدار  $t$  ستون دوم به دست می‌آید. ستون سوم این جدول نیز مانند ستون اول دارای مقادیر ثابت است.  $q_p$  حداکثر دبی لحظه‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف است. برای به دست آوردن مقادیر  $Q_{Max-2}$  تا  $Q_{Max-100}$  بدین صورت عمل می‌شود:

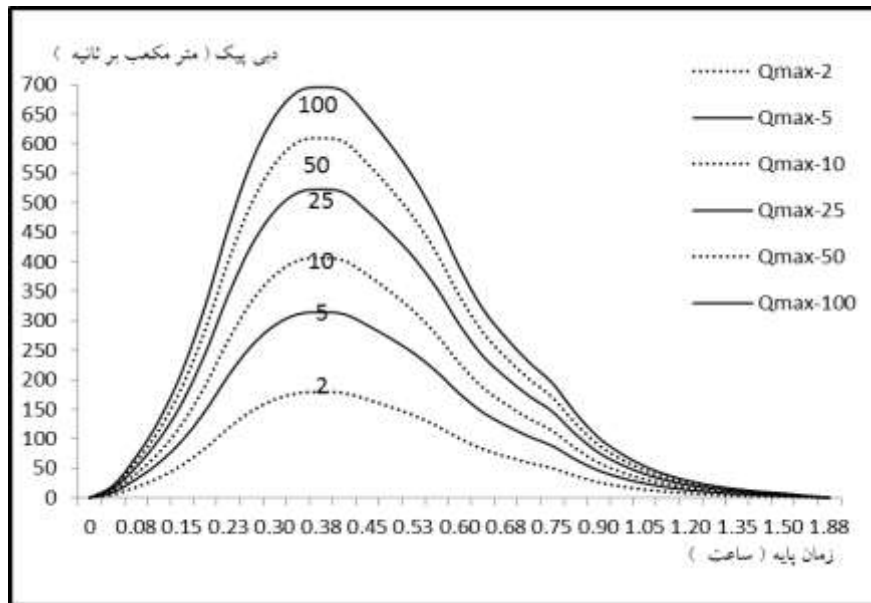
$$\frac{q}{q_p} = 0.03 \quad (6)$$

حداکثر دبی لحظه‌ای با دوره‌های بازگشت مختلف را در عدد ثابت ۰/۰۳ ضرب می‌کنیم و مقادیر  $Q$  در دوره‌های بازگشت مختلف به دست می‌آید. بدین ترتیب ابعاد هیدروگراف حوضه گرمی ساخته شد و پس از آن، نمودار هیدروگراف این حوضه (شکل ۲) نیز رسم شد.

جدول ۹. ابعاد هیدروگراف حوضه آبخیز گرمی در دوره‌های بازگشت مختلف

$t/t_p$	t	$q/q_p$	$Q_{Max} - 2$	$Q_{Max} - 5$	$Q_{Max} - 10$	$Q_{Max} - 25$	$Q_{Max} - 50$	$Q_{Max} - 100$
۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۳۸	۹/۴۳	۱۲/۱۹	۱۵/۶۸	۱۸/۲۹	۲۰/۸۸
۰/۲	۰/۰۸	۰/۱	۱۷/۹۴	۳۱/۴۵	۴۰/۶۲	۵۲/۲۸	۶۰/۹۵	۶۹/۵۹
۰/۳	۰/۱۱	۰/۱۹	۳۴/۰۹	۵۹/۷۵	۷۷/۱۸	۹۹/۳۴	۱۱۵/۸۱	۱۳۲/۲۱
۰/۴	۰/۱۵	۰/۳۱	۵۵/۶۱	۹۷/۴۹	۱۲۵/۹۳	۱۶۲/۰۸	۱۸۸/۹۵	۲۱۵/۷۲
۰/۵	۰/۱۹	۰/۴۷	۸۴/۳۲	۱۴۷/۸۱	۱۹۰/۹۲	۲۵۴/۷۳	۲۸۶/۴۷	۳۲۷/۰۵
۰/۶	۰/۲۳	۰/۶۶	۱۱۸/۴۰	۲۰۷/۵۷	۲۶۸/۱۱	۳۴۵/۰۷	۴۰۲/۲۸	۴۵۹/۲۷
۰/۷	۰/۲۶	۰/۸۲	۱۴۷/۱۱	۲۵۷/۸۹	۳۳۳/۱۰	۴۲۸/۷۲	۴۹۹/۸۰	۵۷۰/۶۰
۰/۸	۰/۳۰	۰/۹۳	۱۶۶/۸۴	۲۹۲/۴۸	۳۷۷/۷۹	۴۸۶/۲۳	۵۶۶/۸۵	۶۴۷/۱۵
۰/۹	۰/۳۴	۰/۹۹	۱۷۷/۶۰	۳۱۱/۳۵	۴۰۲/۱۶	۵۱۷/۶۰	۶۰۳/۴۲	۶۸۸/۹۰
۱	۰/۳۸	۱	۱۷۹/۴۰	۳۱۴/۵۰	۴۰۶/۲۲	۵۲۲/۸۳	۶۰۹/۵۲	۶۹۵/۸۶
۱/۱	۰/۴۱	۰/۹۹	۱۷۷/۶۰	۳۱۱/۳۵	۴۰۲/۱۶	۵۱۷/۶۰	۶۰۳/۴۲	۶۸۸/۹۰
۱/۲	۰/۴۵	۰/۹۳	۱۶۶/۸۴	۲۹۲/۴۸	۳۷۷/۷۹	۴۸۶/۲۳	۵۶۶/۸۵	۶۴۷/۱۵
۱/۳	۰/۴۹	۰/۸۶	۱۵۴/۲۸	۲۷۰/۴۷	۳۴۹/۳۵	۴۴۹/۶۳	۴۲۴/۱۹	۵۹۸/۴۴
۱/۴	۰/۵۳	۰/۷۸	۱۳۹/۹۳	۲۴۵/۳۱	۳۱۶/۸۵	۴۰۷/۸۰	۴۷۵/۴۲	۵۴۲/۷۷
۱/۵	۰/۵۶	۰/۶۸	۱۲۱/۹۹	۲۱۳/۸۶	۲۷۶/۲۳	۳۵۵/۵۲	۴۱۴/۴۷	۴۷۳/۱۸
۱/۶	۰/۶۰	۰/۵۶	۱۰۰/۴۶	۱۷۶/۱۲	۲۲۷/۴۸	۲۹۲/۷۸	۳۴۱/۳۳	۳۸۹/۶۸
۱/۷	۰/۶۴	۰/۴۶	۸۲/۵۲	۱۴۴/۶۷	۱۸۶/۸۶	۲۴۰/۵۰	۲۸۰/۳۸	۳۲۰/۱۰
۱/۸	۰/۶۸	۰/۳۹	۶۹/۹۷	۱۲۲/۶۵	۱۵۸/۴۳	۲۰۳/۹۰	۲۳۷/۷۱	۲۷۱/۳۸
۱/۹	۰/۷۱	۰/۳۳	۵۹/۲۰	۱۰۳/۷۸	۱۳۴/۰۵	۱۷۲/۵۳	۲۰۱/۱۴	۲۲۹/۶۳
۲	۰/۷۵	۰/۲۸	۵۰/۲۳	۸۸/۰۶	۱۳۳/۷۴	۱۴۶/۳۹	۱۷۰/۶۷	۱۹۴/۸۴
۲/۲	۰/۸۳	۰/۲۰	۳۷/۱۴	۶۵/۱۰	۸۴/۰۹	۱۰۸/۲۲	۱۲۶/۱۷	۱۴۴/۰۴
۲/۴	۰/۹۰	۰/۱۵	۲۶/۳۷	۴۶/۲۳	۵۹/۷۱	۷۶/۸۶	۸۹/۶۰	۱۰۲/۲۹
۲/۶	۰/۹۸	۰/۱۱	۱۹/۲۰	۳۳/۶۵	۴۳/۴۷	۵۵/۹۴	۶۵/۲۲	۷۴/۴۶
۲/۸	۱/۰۵	۰/۰۷۷	۱۳/۸۱	۲۴/۲۲	۳۱/۲۸	۴۰/۲۶	۴۶/۹۳	۵۳/۵۸
۳	۱/۱۳	۰/۰۵۵	۹/۸۷	۱۷/۳۰	۲۲/۳۴	۲۸/۷۶	۳۳/۵۲	۳۸/۲۷
۳/۲	۱/۲۰	۰/۰۴	۷/۱۸	۱۲/۵۸	۱۶/۲۵	۲۰/۹۱	۲۴/۳۸	۲۷/۸۳
۳/۴	۱/۲۸	۰/۰۳	۵/۲۰	۹/۱۲	۱۱/۷۸	۱۵/۱۶	۱۷/۶۸	۲۰/۱۸
۳/۶	۱/۳۵	۰/۰۲۱	۳/۷۷	۶/۶۰	۸/۵۳	۱۰/۹۸	۱۲/۸۰	۱۴/۶۱
۳/۸	۱/۴۳	۰/۰۱۵	۲/۶۹	۴/۷۲	۶/۰۹	۷/۸۴	۹/۱۴	۱۰/۴۴
۴	۱/۵۰	۰/۰۱۱	۱/۹۷	۳/۴۶	۴/۴۷	۵/۷۵	۶/۷۰	۷/۶۵
۴/۵	۱/۶۹	۰/۰۰۵	۰/۹۰	۱/۵۷	۲/۰۳	۲/۶۱	۳/۰۵	۳/۴۸
۵	۱/۸۸	.	.	.	.	.	.	.

مأخذ: یافته‌های تحقیق



شکل ۲. نمودار هیدروگراف سیل رودخانه گرمی  
مأخذ: یافته‌های تحقیق

### نتیجه‌گیری

حوضه آبخیز گرمی جزء حوضه‌های ناشناخته و کوچک حوضه آبریز سفیدرود است که زهکش اصلی آن قبل از سد تاریک وارد بستر سفیدرود می‌شود. این حوضه حالتی کوهپایه‌ای دارد و اراضی آن پوشیده از جنگل است، اما در سال‌های اخیر به دلیل قطع درختان جنگلی در این حوضه، مقدار رواناب حاصل از بارندگی در آن افزایش یافته است. بررسی‌های ژئومورفولوژیک، فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه آبخیز گرمی نشان می‌دهد که شکل، وسعت و شیب بستر رودخانه و بارش‌های ۲۴ ساعته این حوضه از عوامل مهم در سیل‌خیزی آن محسوب می‌شوند.

از نظر واحدهای ژئومورفولوژیکی، حوضه آبخیز گرمی به گونه‌ای است که بخشی از آن کوهپایه‌ای است و بخشی دیگر که خروجی آن را در بر می‌گیرد، ماهیتی دشتی دارد؛ به طوری که حداقل و حداکثر ارتفاع آن ۱۴۰ و ۸۸۰ متر است. حوضه گرمی، جزء حوضه‌های نامتقارن محسوب می‌شود. این حوضه دارای جهت جنوب شرق - شمال غرب است، به طوری که آبراهه اصلی آن با همین روند، حوضه را به دو بخش شمال شرق - جنوب غرب تقسیم می‌کند. حجم ارتفاعات این حوضه در بخش شمال شرقی بیشتر، آبراهه‌های فرعی آن طولانی‌تر و دره‌های آن

عمیق‌تر از بخش جنوب غربی است. روند آبراهه‌های فرعی این حوضه در بخش شمال شرقی، شمال شرق - جنوب غرب و در بخش جنوب غربی، جنوب شرق - شمال غرب است. در حوضه آبخیز گرمی بیشترین گسترش ارتفاعات در محدوده ۲۰۰ تا ۶۰۰ متر قرار دارد.

مطالعات فیزیوگرافی حوضه گرمی نشان می‌دهد که این حوضه جزء حوضه‌های کوچک است، به طوری که مساحت آن ۱۲/۲۰ کیلومتر مربع و شکل آن، نزدیک به حوضه‌های گرد است. مساحت و شکل حوضه از جمله مواردی است که بر سیل‌خیزی حوضه و هیدروگراف آن تأثیر مستقیم دارد. شکل هیدروگراف در حوضه‌های بزرگ، کشیده و خوابیده است، در حالی که در حوضه‌های کوچک که واکنش شدیدی در مقابل رگبارها نشان می‌دهند هیدروگراف‌ها نوک‌تیزند و سیلاب‌ها به صورت آنی و کوتاه‌مدت (Flash flood) اتفاق می‌افتند. از نظر شکل در حوضه‌های تقریباً گرد با شبکه‌های هیدروگرافی یکسان از نظر زمان تمرکز، آب‌ها هم‌زمان به نقطه خروجی می‌رسند و مدت جریان سیلاب کوتاه و دبی ویژه زیاد است؛ در نتیجه هیدروگراف به صورت نوک تیز در می‌آید، در حالی که در حوضه‌های کشیده، آب‌ها به تدریج تخلیه می‌شوند و هیدروگراف حالت کشیده پیدا می‌کند [۱۶: ۱۷۸]. با توجه به ضرایب به‌دست‌آمده از روش‌های گراولپوس، هورتون و میلر، حوضه گرمی جزء حوضه‌های گرد محسوب می‌شود.

در حاشیه رودخانه گرمی در محدوده ارتفاعی ۱۴۰ تا ۲۵۰ متر، اراضی گسترش یافته‌اند که در حال حاضر زمین‌هایی حاصلخیز برای کشاورزی محسوب می‌شوند. این اراضی در جایی که شیب رودخانه کاسته شده است، در دوره‌های فرسایشی گذشته شکل گرفته‌اند. شیب آبراهه اصلی رودخانه گرمی ۷/۳۸ درصد برآورد شد. مطالعات شیب بستر رودخانه حاکی از آن است که حوضه گرمی دارای دره‌های به‌نسبت عمیق است. بیشترین تغییرات مورفولوژیکی سیلاب در آبراهه اصلی رودخانه به چشم می‌خورد و تا خروجی حوضه ادامه دارد. این تغییرات شامل تعمیق و تعریض بستر اصلی رود و تخریب شدید دشت سیلابی است [۴]. در اثنای سیلاب‌های شدید، مناظر کاوشی گستردگی بیشتری نسبت به مناظر تراکمی دارند. مناظر تراکمی این سیلاب‌ها اغلب مواد سنگی درشت‌دانه را شامل می‌شود. تراکم رسوبات درشت‌دانه در بستر آبراهه اصلی است [۴]. بستر رودخانه گرمی در ابتدای مسیر دارای بار بستر درشت است، اما با کاهش شیب بستر، رودخانه بستری آلی و ماسه‌ای [۱۶: ۱۲۸] به خود می‌گیرد. بار بستر درشت نشان‌دهنده دینامیک شدید رودخانه در دوره‌های گذشته است. زمان پایه برای رودخانه گرمی ۱/۸۸ ساعت به‌دست آمد که نشان‌دهنده وسعت کم حوضه گرمی است. هیدروگراف رودخانه نشان می‌دهد که زمان تا اوج برای رودخانه گرمی ۰/۳۸

ساعت است، بدین معنا که دبی در این رودخانه در کمتر از ۰/۳۸ ساعت به اوج خود می‌رسد. شکل هیدروگراف حاکی از آن است که با توجه به وسعت کم حوضه، زمان تمرکز در آن کاهش یافته، به طوری که روند سیل خیزی حوضه را افزایش داده است. بین تحقیق حاضر و تحقیقات دیگر پژوهشگران در این خصوص تفاوت‌ها و شباهت‌هایی وجود دارد. در بیشتر تحقیقات دیگر، آمار بارندگی و دبی در سطح حوضه موجود بوده است، اما حوضه آبخیز گرمی مانند حوضه‌های تاریک، لیافو و گوهررود فاقد هر گونه آمار به‌منظور برآورد سیلاب است و برای برآورد آمار بارندگی حوضه و دبی رودخانه از آنالیز منطقه‌ای استفاده شد.

### منابع

- [۱]. بهزاد، اردوان؛ فزونی، بهزاد؛ حکیمی، فردین (۱۳۹۰). «برآورد پتانسیل سیلاب با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک در حوضه آبخیز لیافو با استفاده از روش SCS». *فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا*، واحد تهران مرکزی، سال پنجم، ش ۱۶: ۱۹۰ - ۱۷۱.
- [۲]. بهزاد، اردوان؛ ثروتی، محمدرضا؛ مقیمی، ابراهیم (۱۳۸۹). «برآورد پتانسیل سیلاب با تأکید بر عوامل ژئومورفولوژیک در حوضه آبریز گوهررود با روش SCS»، دانشگاه زنجان، *مجله اندیشه جغرافیایی*، سال چهارم، ش هفتم، بهار: ۱۰۴ - ۸۷.
- [۳]. ثروتی، محمدرضا؛ بهزاد، اردوان (۱۳۹۰). «برآورد پتانسیل سیلاب با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک در دو حوضه آبخیز زیلکی و فیره‌رود با استفاده از روش SCS»، *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*. سال هشتم، ش ۳۰: ۴۷ - ۳۳.
- [۴]. حسین‌زاده، سیدرضا؛ جهادی طرقی، مهناز (۱۳۸۵). «تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژیک سیلاب‌های کاتاستروفیک رودخانه مادرسو (جنگل گلستان)»، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ش هفتم: ۱۱۵ - ۹۰.
- [۵]. حمزه، فرهاد؛ بهزاد، اردوان (۱۳۹۵). «برآورد پتانسیل سیلاب با تأکید بر ویژگی‌های ژئومورفولوژیک در حوضه آبخیز خرشک با استفاده از روش SCS». *فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، سال هشتم، ش چهارم، پاییز: ۱۵۹ - ۱۴۹.
- [۶]. حیدری‌زاده، مجید (۱۳۸۹). توسعه روش SCS با مفهوم روش منطقی در برآورد پیک سیلاب، تهران: اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب: ۶ - ۱.
- [۷]. رحیمی، داریوش (۱۳۸۸). «تأثیر رگبارهای منفرد بر مدیریت بحران سیل (نمونه مطالعاتی حوضه فارسان)». *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. سال ۲۰، ش ۳: ۱۰۰ - ۸۵.
- [۸]. سازمان جنگل‌ها و مراتع (۱۳۸۴). تهران، لایه رقومی زمین‌شناسی کل ایران.

- [۹]. سازمان جنگل‌ها و مراتع (۱۳۸۴). تهران، لایه رقومی خاک‌شناسی کل ایران.
- [۱۰]. سازمان جنگل‌ها و مراتع (۱۳۸۴). تهران، لایه رقومی پوشش گیاهی کل ایران.
- [۱۱]. سازمان هواشناسی کشور (۹۳-۱۳۶۹). آمار ایستگاه سینوپتیک منجیل.
- [۱۲]. علی‌زاده، امین (۱۳۸۹). اصول هیدرولوژی کاربردی، مشهد: انتشارات آستان قدس رضوی.
- [۱۳]. غلامی، وحید؛ گنبد، محمدبشیر؛ عضدی، محمد؛ جوکار، عیسی (۱۳۸۸). «بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی در ایجاد رواناب و خطر سیلاب حوزه آبخیز کسلیان». *مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*. سال سوم. ش ۹ : ۵۷ - ۵۵.
- [۱۴]. قهرمان، بیژن؛ لطفی، مرتضی (۱۳۸۸). *کارایی مدل‌های هیدروگراف واحد در تعیین مشخصات هیدروگراف سیلاب*، دانشگاه فردوسی مشهد.
- [۱۵]. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۳۶۷)، برنامه کامپیوتری محاسبه شدت بارندگی در RIMAC 1.0.
- [۱۶]. مهدوی، محمد (۱۳۸۹). *هیدرولوژی کاربردی*. ج دوم، چ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۷]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۸۸). *اکوژئومورفولوژی و حقوق رودخانه*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۸]. وزارت نیرو، مرکز مطالعات منابع آب تهران (۹۳ - ۱۳۶۹). آمار دبی ایستگاه‌های هیدرومتری شهربیجار، توتکابن، پل سازمان، لوشان و گیلوان.
- [۱۹]. وزارت نیرو، مرکز مطالعات منابع آب تهران (۹۳ - ۱۳۸۰). آمار ایستگاه‌های تبخیرسنجی شاه شهیدان و پیرکوه.
- [۲۰]. وزارت نیرو، مرکز مطالعات منابع آب تهران (۹۳ - ۱۳۶۹). آمار ایستگاه باران‌سنجی توتکابن.
- [21]. Behzad, A; Sarvati, M.; Moghimi, E. (2012). "Estimating flood potentia l emphasizing on Geomorphologic characteristics in Tarikn Basin using the SC S method." *European Journal of Experimental Biology* 2(5): 1928-1935.
- [22]. Bhankaurally Mustapha Yahya; Nowbuth Manta Devi; BhavanaUmrikar (2010). Flood Hazard Mapping by Integrated GIS SCS Model, *INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS AND GEOSCIENCES*, Volume 1, No 3, : 489 - 500
- [23]. K. Geetha; S. K. Mishra; T. I. Eldho& A. K. Rastogi; R. P. Pandey (2008). SCS-CN-based Continuous Simulation Model for Hydrologic Forecasting, *Water Resour Manage* (2008) 22:165-190, DOI 10.1007/s11269-006-9149-5: 165 - 190
- [24]. T. Reshma; P.Sundara Kumar; M.J.RatnaKanthBabu; K. Sundara Kumar (2010). Simulation of runoff in watersheds using SCS - CN Muskingum - Gunge method's using Remote Sensing and Geographical Information Systems, *International Journal of Advanced Science and Technology*, Vol. 25: 31 - 42