

برآورد پتانسیل سیلاب با تاکید بر ویژگیهای ژئومورفولوژیک در حوضه آبخیز لیافو با استفاده از روش SCS

دکتر اردوان بهزاد *

بهزاد فزونی **

فردین حکیمی ***

چکیده

سیل از جمله پدیده هایی است که هر ساله خسارات فراوانی را به بار می آورد و همواره مورد توجه کارشناسان هیدرولوژی بوده است. عواملی نظیر فیزیوگرافی، ژئومورفولوژی و عوامل انسانی می تواند این پدیده را در حوضه ها تسریع ببخشد. از آنجایی که در طرحهای بهره برداری از منابع آب، کنترل سیلاب، سدسازی، عملیات آبخیزداری و اکثر زمینه های مطالعات هیدرولوژی، دبی سیلاب اهمیت دارد لذا دقت مطالعات و درجه ایمنی طراحی تأسیسات و سازه های آبی، بستگی زیادی به روش مطالعات دارد. در تحقیق حاضر پتانسیل سیلاب حوضه آبخیز لیافو با استفاده از روش SCS مطالعه شده است. ابعاد هیدروگراف حوضه با توجه به مقادیر بارش ۲۴ ساعته، زمان تمرکز، شماره منحنی، بارش مازاد، زمان تا اوج و دبی اوج بدست آمد، سپس هیدروگراف سیل برای حوضه لیافو در دوره های زمانی ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه گردید. نتایج نشان داد که با توجه به فیزیوگرافی و مرفولوژی حوضه لیافو، این حوضه دارای توان سیلخیزی است.

واژه های کلیدی:

هیدروگراف، روش SCS، آنالیز منطقه ای، شماره منحنی (CN)، زمان تا اوج، دبی اوج، لیافو.

* مدرس مدعو گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

** دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای برنامه ریزی روستایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری

*** کارشناس مسئول محیط انسانی اداره محیط زیست شهرستان کرج

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۱/۲۵

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۸/۱۷

انجام مطالعات سیل و کنترل سیلاب یکی از مباحث اصلی در طرحهای آبخیزداری می باشد. سیلابهای جاری در یک منطقه تاثیر 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 ارائه راه حلهای مناسب جهت کاهش این اثرات امکان پذیر نمی باشد. یکی از روشهای برآورد سیلاب، روش موسوم به هیدروگراف بدون بعد مربوط به سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS Soil Conservation Services) است. در این روش مختصات نقاط هیدروگراف واحد از جدول بدون بعد که در آن، مقادیر نسبت زمان (t/t_p) در مقابل نسبت دبی (q/q_p) داده شده است بدست می آید. برای بدست آوردن مختصات نقاط هیدروگراف از روی (t/t_p) و (q/q_p) لازم است مقادیر t_p و q_p محاسبه گردد (حیدری زاده، ۱۳۸۹). برآورد سیلاب به روش SCS معمولاً برای حوضه هایی بکار می رود که فاقد ایستگاههای هیدرومتری می باشند.

در این زمینه تحقیقات زیادی در داخل و خارج کشور انجام گرفته است. (Geetha, etal (2008)، Yahta, etal (2010) و Resma,etal (2010) در کشور هندوستان برآورد سیلاب به روش SCS را بر روی برخی از حوضه ها مورد مطالعه قرار داده و خسارات ناشی از سیلاب را بررسی نموده اند. حیدری زاده (۱۳۸۹) توسعه روش SCS با مفهوم روش منطقی در برآورد پیک سیلاب را برای حوضه مورد مطالعه خود (هلیلان) انجام داده است. بهزاد و همکاران (۱۳۹۰) برآورد پتانسیل سیلاب را در دو حوضه آبخیز زیلکی و فیره رود به روش SCS را با هم مقایسه نمود و با توجه به فیزیوگرافی و مورفولوژی حوضه فیره رود، توان سیل خیزی این حوضه را بالاتر از حوضه زیلکی دانست.

با توجه به مطالب عنوان شده ما بر آن شدیم که در این تحقیق پتانسیل سیلاب حوضه لیافو را با روش SCS محاسبه و عوامل ژئومورفولوژیک موثر بر آن را مورد مطالعه قرار دهیم.

حوضه آبریز سفیدرود از سد سفیدرود در منجیل تا مصب خود ۱۰ حوضه آبخیز اصلی را دریافت می کند. غالب این حوضه ها دارای آبدهی بسیار بالایی هستند. بنابراین شناسایی خصوصیات فیزیوگرافی و سیل خیزی این حوضه ها قبل از هر گونه توسعه های عمرانی در این بخشها توصیه می گردد. در حاشیه رودخانه لیافو بدلیل شرایط فیزیوگرافی، اراضی حاصلخیزی جهت کشاورزی بوجود آمده است. وسعت قابل ملاحظه سیلاب دشت و مناسب بودن رسوبات آن برای کشاورزی، سبب شده است که در این محدوده از رودخانه، اقدام به کشت برنج و متعاقب آن مراکز جمعیتی در حاشیه رودخانه مسقر گردد. این رودخانه فاقد ایستگاههای هیدرومتری و یا باران سنجی می باشد، بر این اساس اطلاعاتی که حاکی از سابقه سیل خیزی در این حوضه باشد وجود ندارد. از طرفی در سالهای اخیر بهره برداری از درختان جنگلی در اراضی این حوضه باعث گردیده که روانابهای

حاصل از بارندگی در این بخش افزایش یابند. تغییرات کاربری، توسعه شبکه راهها و مناطق مسکونی موجب افزایش تولید رواناب و خطر سیلاب می گردد (غلامی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به گسترش اراضی حاصلخیز، تمرکز مراکز جمعیتی در حاشیه رودخانه و جلوگیری از فاجعه احتمالی، در این مقاله خصوصیات فیزیوگرافی و سیلخیزی حوضه آبخیز لیافو با استفاده از روش SCS مورد مطالعه قرار گرفته است.

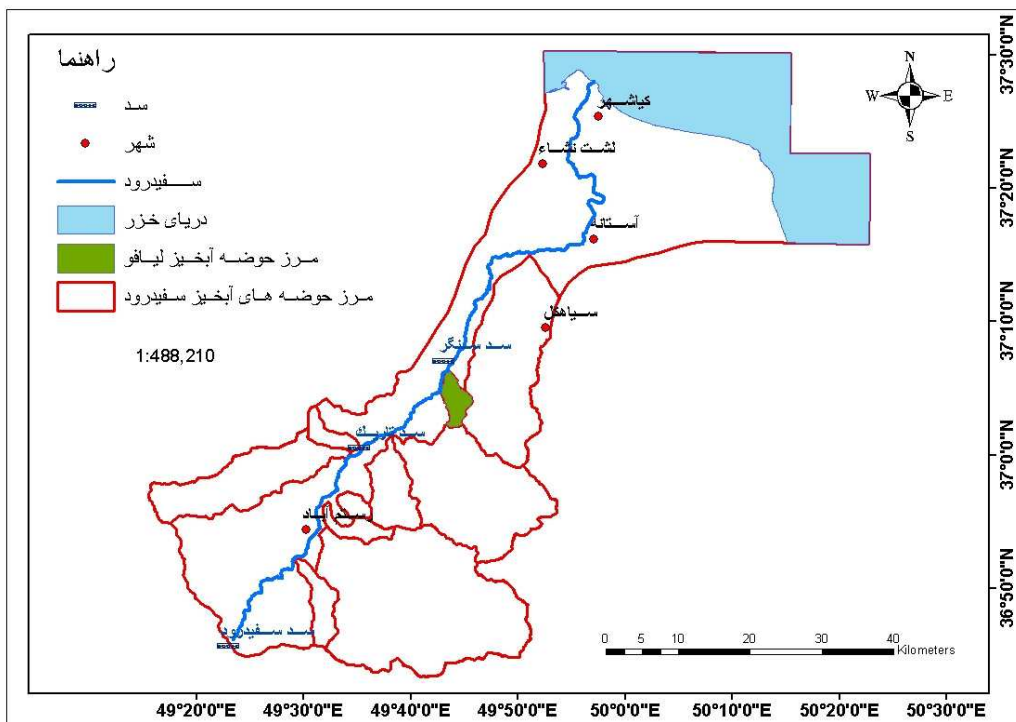
مواد و روش ها

- ویژگیهای منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز لیافو در استان گیلان و در محدوده شهرستانهای رودبار و سیاهکل گسترده شده است، بطوریکه بستر اصلی آن مرز این دو شهرستان را تعیین می کند. رودخانه جاری در این حوضه قبل از سد سنگر و از بخش شرقی وارد بستر سفیدرود می گردد. سرچشمه رودخانه لیافو ارتفاعات رادارپشته، لیافو و چشمه های جاری در این بخش می باشد. موقعیت جغرافیایی و مشخصات حوضه مطابق جدول ذیل ارائه شده است.

جدول شماره ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه های آبخیز لیافو

| نام حوضه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | حداکثر ارتفاع | حداقل ارتفاع | متوسط ارتفاع | طول آبراهه اصلی |
|----------|---------------------|---------------------|---------------|--------------|--------------|-----------------|
| لیافو | ۲۱ ۴۵ ۴۹ - ۳۱ ۴۲ ۴۹ | ۳۷ ۰۵ ۵۲ - ۳۷ ۰۱ ۴۳ | ۸۰۰ | ۵۰ | ۴۲۵ | ۸/۹۵ |



شکل شماره ۱: نقشه موقعیت حوضه آبخیز لیافو

- روش مطالعه

این تحقیق بر پایه مشاهدات میدانی و روش کتابخانه ای - تحلیلی با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱ : ۵۰۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح ، نقشه زمین شناسی ۱ : ۱۰۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی ، نقشه های ۱ : ۲۵۰۰۰۰۰ زمین شناسی ، خاک و پوشش گیاهی سازمان جنگلها و مراتع ، داده های هواشناسی سازمان هواشناسی و مرکز مطالعات منابع آب و آمار دبی ایستگاههای هیدرومتری این مرکز تهیه شده است.

در ابتدا محدوده حوضه آبخیز لیافو با استفاده از نرم افزار Arc GIS بر روی نقشه های توپوگرافی ۱ : ۵۰۰۰۰۰ مشخص و در محیط این نرم افزار خصوصیات فیزیوگرافی حوضه نظیر مساحت، شکل و سطوح ارتفاعی تعیین گردید. فیزیوگرافی این حوضه به گونه ای است که بخشی از آن کوهپایه ای و بخشی دیگر که خروجی آن را در بر می گیرد ، ماهیتی دشتی دارد. بنابراین جهت بررسی اقلیم این حوضه ۶ ایستگاه تبخیر سنجی و باران سنجی انتخاب گردید. جهت برآورد اقلیم حوضه از ایستگاههای پیرکوه ، اسپیلی ، توتکی ، سد سنگر ، شهر بیجار و آستانه در دوره آماری ۸۶ - ۱۳۶۴ استفاده شد و معادله گرادیان بارندگی و دما برای حوضه به صورت زیر پیشنهاد گردید:

جدول شماره ۲: ضرائب همبستگی دما و بارندگی برای حوضه آبخیز لیافو ۸۶ - ۱۳۶۴

| سال | ضرائب مربوط به بارندگی | R ² | ضرائب مربوط به دما | R ² |
|----------|-------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|
| مهر | $P = -0.12 H + 232.83$ | -0.97 | $T_{mean} = -0.002 H + 18.94$ | -0.89 |
| آبان | $P = -0.09 H + 220.88$ | -0.96 | $T_{mean} = -0.004 H + 15.23$ | -1 |
| آذر | $P = -0.07 H + 165.37$ | -0.99 | $T_{mean} = -0.004 H + 10.60$ | -1 |
| دی | $P = -0.06 H + 126.78$ | -0.99 | $T_{mean} = -0.004 H + 8.33$ | -1 |
| بهمن | $P = -0.05 H + 131.63$ | -0.94 | $T_{mean} = -0.003 H + 7.43$ | -1 |
| اسفند | $P = -0.05 H + 113.14$ | -0.99 | $T_{mean} = -0.003 H + 9.15$ | -0.99 |
| فروردین | $P = -0.03 H + 116.27$ | -0.99 | $T_{mean} = -0.003 H + 13.19$ | -1 |
| اردیبهشت | $P = -0.02 H + 79.09$ | -0.96 | $T_{mean} = -0.003 H + 17.67$ | -0.99 |
| خرداد | $P = -0.02 H + 53.47$ | -0.99 | $T_{mean} = -0.004 H + 22.42$ | -0.99 |
| تیر | $P = -0.04 H + 97.12$ | -0.97 | $T_{mean} = -0.005 H + 24.77$ | -0.99 |
| مرداد | $P = -0.05 H + 80.82$ | -0.98 | $T_{mean} = -0.004 H + 25.96$ | -0.99 |
| شهریور | $P = -0.12 H + 212.89$ | -0.99 | $T_{mean} = -0.003 H + 23.65$ | -1 |
| سالانه | $P = -0.73 H + 1628.99$ | -0.98 | $T_{mean} = -0.003 H + 16.46$ | -0.99 |

آبدهی رودخانه لیافو نیز بدست آمد. رودخانه لیافو فاقد ایستگاه هیدرومتری است. جهت برآورد آبدهی این رودخانه از روش آنالیز منطقه ای استفاده گردید و با توجه به روابط دبی - سطح، و استفاده از آمار ایستگاههای هیدرومتری توتکی، پاشاکی، دراز لات و هراتیر روابط ذیل بدست آمد:

جدول شماره ۳: معادلات همبستگی دبی ماهانه حوضه آبخیز لیافو (m³/s)

دوره آماری ۸۶ - ۱۳۶۴

| ماه | ضرائب مربوط به بارندگی | R ² |
|----------|------------------------|----------------|
| مهر | $Q = 0.003 A + 4.88$ | 0.85 |
| آبان | $Q = 0.004 A + 4.91$ | 0.82 |
| آذر | $Q = 0.005 A + 4.15$ | 0.90 |
| دی | $Q = 0.005 A + 3.12$ | 0.93 |
| بهمن | $Q = 0.005 A + 3.65$ | 0.94 |
| اسفند | $Q = 0.010 A + 3.81$ | 0.99 |
| فروردین | $Q = 0.018 A + 2.36$ | 1 |
| اردیبهشت | $Q = 0.019 A + 0.19$ | 1 |
| خرداد | $Q = 0.010 A + 0.19$ | 1 |

| | | |
|--------|----------------------|------|
| تیر | $Q = 0.005 A + 1.32$ | 1 |
| مرداد | $Q = 0.004 A + 0.63$ | 1 |
| شهریور | $Q = 0.003 A + 3.54$ | 0.89 |
| سالانه | $Q = 0.003 A + 2.73$ | 0.99 |

با تعیین خصوصیات فیزیوگرافی، اقلیم، آبدهی حوضه لیافو، ابعاد هیدروگراف این حوضه نیز با روش SCS محاسبه گردید. محاسبه ابعاد هیدروگراف بر پایه این روش به شرح ذیل ارائه گردید:

- در این بخش با استفاده از بارش ۲۴ ساعته ایستگاه کلیماتولوژی لاهیجان و متوسط بارش حوضه آبخیز، در ابتدا بارشهای ۱ ساعته با دوره بازگشت ۱۰ ساله (P_{10}^{60}) محاسبه و سپس با استفاده از نرم افزار RIMAC 1.0 بارشهای ۲۴ ساعته حوضه با دوره های بازگشت مختلف محاسبه گردید.

- زمان تمرکز^۱ (Time of concentration) حوضه با استفاده از روش کریپچ (Kirpich) بدست آمد. (علیزاده، امین، ۱۳۸۹، ص ۴۸۸)

- شماره منحنی (Curve Number): جهت تعیین CN در حوضه پارامترهای زیر ضروری می باشد:

- نوع استفاده از زمین (Land use)

- عملیات زراعی (Tretment of Practices)

- وضعیت هیدرولوژیکی (Hydrology Condition)

- گروه هیدرولوژیکی خاک (Hydrology Soil group)

با توجه به شرایط فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و شرایط خاک، مقادیر CN حوضه نیز بدست آمد.

- بدست آوردن مقدار S (کمبود اولیه ذخیره رطوبت خاک) از روی شماره منحنی (علیزاده، امین، ۱۳۸۹، ص ۴۹۳)

$$S = (1000 / CN) - 10$$

- ارتفاع بارش مازاد (Effective rainfall – Rainfall excess) در حوضه ها با توجه به روابط ذیل بدست آمد: (مهدوی، محمد، ۱۳۸۹، ص ۱۱۷)

$$Q = (P - 0.2 S)^2 / (P + 0.8 S)$$

^۱ - زمان تمرکز مدت زمانی است که آب لازم دارد تا از دورترین نقطه حوضه به نقطه خروجی برسد. عوامل موثر در زمان تمرکز شیب آبراهه اصلی و طول آبراهه اصلی می باشد.

CN = شماره منحنی

S = کمبود اولیه ذخیره رطوبت خاک (میلیمتر یا اینچ)

Q = مقدار بارش اضافی (میلیمتر یا اینچ)

P = بارش ۲۴ ساعته (میلیمتر)

• زمان تا اوج (time to peak) از رابطه ذیل بدست آمد. (مهدوی ، محمد ، ۱۳۸۹ . ص ۲۱۰)

$$t_p = 0.6 T_c + T_c^{0.5}$$

t_p = زمان تا اوج

T_c = زمان تمرکز

از این پارامتر برای بدست آوردن زمان پایه (Base time) استفاده می گردد.

• دبی اوج (حداکثر دبی لحظه ای) (peak discharge) از رابطه ذیل بدست آمد: (مهدوی ، محمد ، ۱۳۸۹ . ص ۲۱۰)

$$q_p = 2.083 A Q / t_p$$

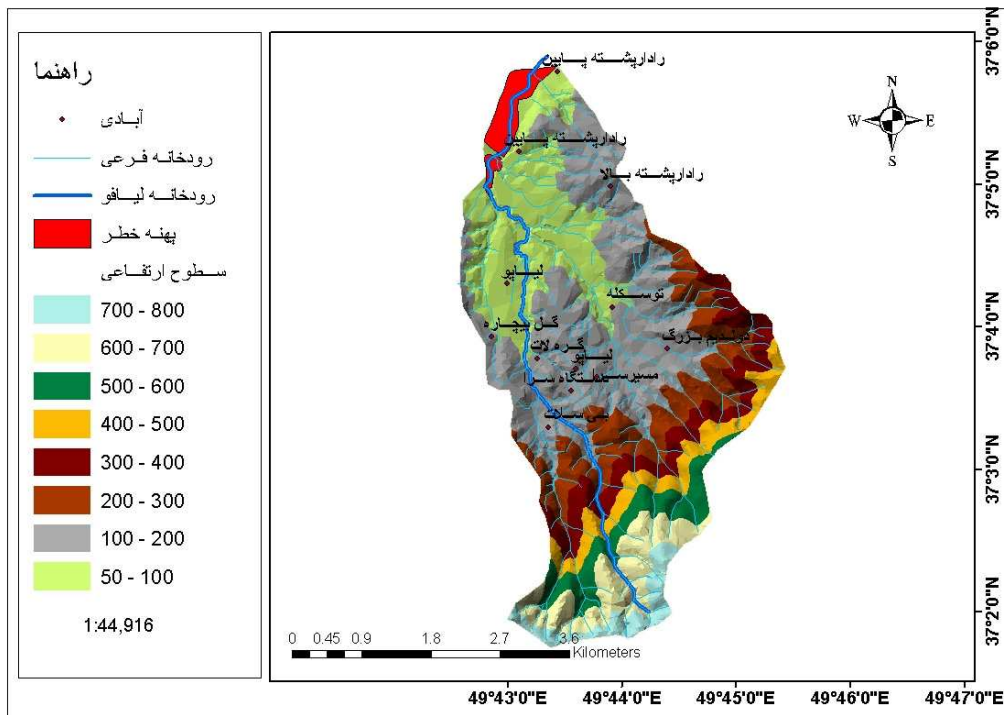
q_p = دبی اوج به متر مکعب در ثانیه

A = مساحت حوضه به کیلومتر مربع

Q = ارتفاع رواناب مستقیم یا بارش مازاد به سانتی متر

T_p = زمان تا اوج

از این پارامتر برای بدست آوردن Q-max با دورههای بازگشت مختلف استفاده می شود.



شکل شماره ۲: نقشه سطوح ارتفاعی حوضه آبخیز لیافو

یافته های تحقیق

اقلیم: بر اساس ضرائب بدست آمده بارندگی - ارتفاع و دما - ارتفاع، بارندگی و دما در حوضه لیافو مطابق جدول ذیل ارائه می گردد.

جدول شماره ۴: مقادیر بارندگی و دما در حوضه آبخیز لیافو

| پارامتر | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | سالانه |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|---------|
| بارندگی | ۱۸۱/۱۷ | ۱۸۲/۸۷ | ۱۳۷/۳۶ | ۱۰۰/۰۲ | ۱۰۹/۸۶ | ۹۱/۷۷ | ۱۰۵/۶۳ | ۷۱/۳۵ | ۴۳/۸۲ | ۷۹/۰۵ | ۶۱/۵۴ | ۱۶۲/۰۸ | ۱۳۲۰/۹۶ |
| دما | ۱۸/۰۱ | ۱۳/۷۰ | ۸/۹۴ | ۶/۸۲ | ۶/۱۶ | ۸/۰۳ | ۱۲/۰۵ | ۱۶/۲۸ | ۲۰/۸۴ | ۲۲/۷۶ | ۲۴/۳۸ | ۲۲/۳۶ | ۱۵/۱۰ |

در حوضه آبخیز لیافو در تمامی ماههای سال میزان بارندگی، بالای ۴۰ میلیمتر می باشد. مجموع بارندگی سالانه در این حوضه ۱۳۲۰/۹۶ میلیمتر برآورد شده است، بیشینه بارندگی در ماه آبان و کمینه آن در ماه خرداد قرار دارد. متوسط دمای سالانه در حوضه ۱۵/۱۰ درجه سانتیگراد برآورد گردیده است، که بیشینه دما در ماه مرداد و کمینه آن در ماه بهمن قرار دارد.

آبدهی: همچنین آبدهی رودخانه این حوضه با توجه به ضرائب بدست آمده از آنالیز منطقه ای مطابق جدول ذیل بدست آمد:

جدول شماره ۵: آبدهی رودخانه لیافو (m^3/s) - دوره آماری ۸۶ - ۱۳۶۴

| سالانه | شهریور | مرداد | تیر | خرداد | اردیبهشت | فروردین | اسفند | بهمن | دی | آذر | آبان | مهر | رودخانه |
|--------|--------|-------|------|-------|----------|---------|-------|------|------|------|------|------|---------|
| ۲/۹۳ | ۳/۵۸ | ۰/۷۰ | ۱/۴۴ | ۰/۸۳ | ۰/۸۲ | ۲/۷۱ | ۳/۹۹ | ۳/۷۳ | ۳/۲۱ | ۴/۲۳ | ۴/۹۸ | ۴/۹۴ | لیافو |

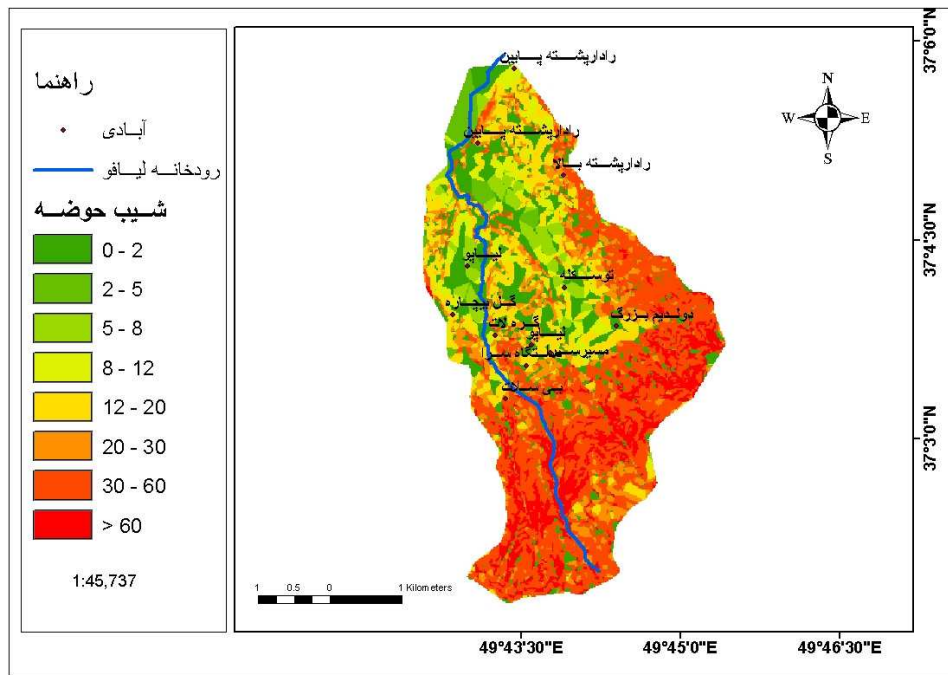
آبدهی رودخانه نشان می دهد که با شروع بارندگیهای منطقه از ماه شهریور ، دبی رودخانه افزایش یافته ، بطوریکه در ماه آبان که بارندگیها به اوج خود می رسند ، آبدهی رودخانه نیز بالاترین مقادیر را دارد و با کاهش بارندگیها از اردیبهشت ، مقادیر آبدهی آن نیز کاهش می یابد.

عوامل ژئومورفولوژیک تاثیر گذار : از نظر واحدهای ژئومورفولوژیکی ، حوضه آبخیز لیافو به گونه ای است که بخشی از آن کوهپایه ای و بخشی دیگر که خروجی آن را در بر می گیرد ، ماهیتی دشتی دارد بطوریکه حداقل و حداکثر ارتفاع آن بین ۵۰ تا ۸۰۰ متر می باشد.

- **مساحت و شکل حوضه :** مطالعات فیزیوگرافی حوضه لیافو نشان می دهد که این حوضه جزء حوضه های کوچک است بطوریکه مساحت آن $۱۸/۰۳$ کیلومتر مربع بوده و شکل آن ، نزدیک به حوضه های کشیده می باشد. مساحت و شکل حوضه از جمله مواردی است که بر سیل خیزی حوضه و هیدروگراف آن تاثیر مستقیم دارد. شکل هیدروگراف در حوضه های بزرگ ، کشیده و پخ (خوابیده) بوده در حالیکه در حوضه های کوچک که عکس العمل شدیدی در مقابل رگبارها نشان می دهند هیدروگراف ها نوک تیز و سیلاب ها به صورت آنی و کوتاه مدت (Flash flood) اتفاق می افتند. از نظر شکل در حوضه های تقریبا گرد با شبکه های هیدروگرافی یکسان از نظر زمان تمرکز ، آنها همزمان به نقطه خروجی می رسند ، مدت جریان سیلاب کوتاه بوده و دبی ویژه زیاد است در نتیجه هیدروگراف به صورت نوک تیز در می آید ، در حالیکه در حوضه های کشیده ، آنها به تدریج تخلیه شده و هیدروگراف حالت کشیده پیدا می کند (مهدوی ، محمد ، ۱۳۸۹ . ص ۱۷۸). با توجه به ضرائب بدست آمده از روشهای گراولیوس ، هورتون ، میلر و مستطیل معادل ، حوضه لیافو دارای شکل تقریبا کشیده می باشد.

- **دامنه های حوضه :** حوضه لیافو، جزء حوضه های نامتقارن محسوب می گردد. این حوضه دارای جهت جنوب به شمال است ، بطوریکه آبراهه اصلی آن با همین روند ، حوضه را به دو بخش غربی - شرقی تقسیم می کند. حجم ارتفاعات این حوضه در بخش شرقی بیشتر و آبراهه های فرعی آن طولانی تر از بخش غربی است. روند آبراهه های فرعی این حوضه در بخش شرقی ، جنوب شرق - شمال غرب و در بخش غربی ، جنوبی - شمالی است بنحویکه گسترش آبراهه ها سبب شکل گرفتن دامنه هایی با دید شمال شرق - جنوب غرب در بخش شرقی و دامنه های با دید غربی - شرقی در بخش غربی حوضه شده است.

- شیب حوضه : در حوضه آبخیز لیافو بیشترین گسترش شیب در کلاسه‌های ۶۰ - ۳۰ و ۳۰ - ۲۰ و ۲۰ - ۵ به ترتیب با فراوانی ۳۰/۷۸ ، ۱۴/۹۸ و ۱۴/۳۱ درصد قرار دارد ، اما با نگاهی کلی به توپوگرافی حوضه ، ۵۰٪ آن در محدوده شیب بالای ۲۰ درصد و ۵۰٪ دیگر در پایین این محدوده قرار می‌گیرد.
- سیلاب دشت : سیلابهایی که به صورت متفاوت روی میدهند، منطقه ای به نام سیلاب دشت را در اطراف رودخانه به وجود می‌آورند (رحیمی ، ۱۳۸۸). در حاشیه رودخانه لیافو در محدوده ارتفاعی ۵۰ تا ۱۰۰ متر ، اراضی گسترش یافته اند که در حال حاضر زمینهایی حاصلخیز جهت کشت برنج محسوب می‌گردند. این اراضی در جایی که شیب رودخانه کاسته شده است ، در دوره های فرسایشی گذشته شکل گرفته اند.
- بستر رودخانه لیافو : شیب آبراهه اصلی رودخانه لیافو ۷/۶ درصد برآورد گردید . مطالعات شیب بستر رودخانه حاکی از آن است که حوضه لیافو دارای دره های نسبتاً عمیق می باشند. با توجه به بازدیدهای میدانی ملاحظه گردید که در مسیر رودخانه لیافو چالابه‌های زیادی وجود دارند که این چالابه‌ها بوسیله نقاط کم عمق بستر رودخانه به هم متصل می‌گردند. 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 (حسین زاده ، ۱۳۸۵) . در اثنای سیلاب های شدید ، مناظر کاوشی گسترده‌تری نسبت به مناظر تراکمی داشته است . مناظر تراکمی این سیلاب ها عمدتاً مواد سنگی درشت دانه را شامل می‌شود . تراکم رسوبات درشت دانه در بستر آبراهه اصلی است (حسین زاده ، ۱۳۸۵) . بستر رودخانه لیافو در ابتدای مسیر دارای بار بستر درشت است ، اما در جایی که شیب بستر کاهش می‌یابد ، رودخانه بستری آلی و ماسه ای (مقیمی ، ابراهیم ، ۱۳۸۹ . ص ۱۲۸) به خود می‌گیرد. چالابه‌ها و بار بستر درشت نشاندهنده دینامیک شدید رودخانه در دوره‌های گذشته می‌باشد. منحنی هیپسومتری (رابطه بین ارتفاع و مقطع افقی شبکه زهکشی) ، این رودخانه نشان داد که رودخانه لیافو در مرحله پیری به سر می‌برد.



شکل شماره ۳: نقشه شیب حوضه آبخیز لیافو

برآورد سیلاب به روش SCS: برای بدست آوردن ابعاد هیدروگراف حوضه آبخیز لیافو مقادیر بارندگی ۲۴ ساعته این حوضه مطابق جدول ذیل محاسبه گردید.

جدول شماره ۶: بارشهای ۲۴ ساعته حوضه های آبخیز با دوره های بازگشت مختلف

| حوضه آبخیز | بارش حداکثر ۲۴ ساعته با دوره بازگشت های مختلف | | | | | | P ₁₀ ⁶⁰ | ایستگاه مبنا | بارش ۲۴ ساعته | بارش متوسط حوضه |
|------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | ۲ | ۵ | ۱۰ | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰ | | | | |
| لیافو | ۳۵/۰۳ | ۵۳/۵۴ | ۶۵/۸۱ | ۸۱/۲۲ | ۹۲/۶۲ | ۱۰۳/۹ | ۲۲/۲۳ | لاهیجان | ۲۶/۶ | ۱۱۰/۵۴ |

- در روش SCS زمان تمرکز حوضه آبخیز لیافو با استفاده از روش کرپیچ (Kirpich) (علیزاده، امین، ۱۳۸۹، ص ۴۸۸) مقدار ۰/۱۵ ساعت بدست آمد.

- با توجه به وضعیت سطحی حوضه از نظر خاک، پوشش گیاهی، چگونگی استفاده از زمین و رطوبت اولیه خاک، شماره منحنی یا CN این حوضه عدد ۴۵ برآورد گردید. (علیزاده، امین، ۱۳۸۹، ص ۴۹۲)
- کمبود اولیه ذخیره رطوبت خاک یا S برای حوضه ۳۱ میلیمتر بدست آمد.
- ارتفاع بارش مازاد با در دست داشتن مقدار CN و S مطابق جدول ذیل برای حوضه ها بدست آمد.

جدول شماره ۷ : مقادیر CN ، S و ارتفاع بارش مازاد

| حوضه آبخیز | CN | S میلیمتر | ارتفاع بارش مازاد به میلیمتر | | | | | |
|------------|----|--------------|------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | ۲ | ۵ | ۱۰ | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ |
| لیافو | ۴۵ | ۳۱ | ۱۳/۹ | ۲۸/۶ | ۳۹/۲ | ۵۳/۱ | ۶۳/۶ | ۷۴/۲ |

- با توجه به مقادیر زمان تمرکز ، زمان تا اوج برای حوضه لیافو ۰/۴۸ بدست آمد ، بدین معنی که زمان اوج دبی سیلاب در رودخانه لیافو ۰/۴۸ ساعت می باشد.
 - با در دست داشتن مقادیر مساحت ، بارش مازاد و زمان تا اوج ، دبی اوج (حداکثر دبی لحظه ای) با دوره های بازگشت مختلف مطابق جدول ذیل برای حوضه لیافو محاسبه گردید.
- جدول شماره ۸ : دبی حداکثر لحظه ای حوضه آبخیز لیافو با دوره های بازگشت مختلف

| حوضه آبخیز | مساحت (km ²) | T _c | T _p | دبی حداکثر لحظه ای به مترمکعب بر ثانیه | | | | | |
|------------|--------------------------|----------------|----------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | ۲ | ۵ | ۱۰ | ۲۵ | ۵۰ | ۱۰۰ |
| لیافو | ۱۸/۰۳ | ۰/۱۵ | ۰/۴۸ | ۱۰۸/۴۰ | ۲۲۳/۳۰ | ۳۰۶/۱۶ | ۴۱۴/۴۸ | ۴۹۶/۶۵ | ۵۹۷/۳۰ |

با توجه به مطالب فوق و با در دست داشتن t_p (زمان تا اوج) Q_p (حداکثر دبی لحظه ای) ابعاد هیدروگراف واحد حوضه در دوره های بازگشت مختلف محاسبه و ارائه گردید. در جدول ذیل مقادیر ستون ۱ و ۳ ثابت می باشند. مقادیر ستون دوم از روی مقادیر ستون یک بدست می آید ، بدین صورت :

$$t / t_p = 0.1$$

۰/۱ عدد ثابت ستون یک می باشد. T_p حوضه آبخیز لیافو ۰/۴۸ ساعت برآورد شده است ، عدد ۰/۴۸ را در عدد ۰/۱ ضرب کرده و مقدار t ستون دوم بدست می آید.

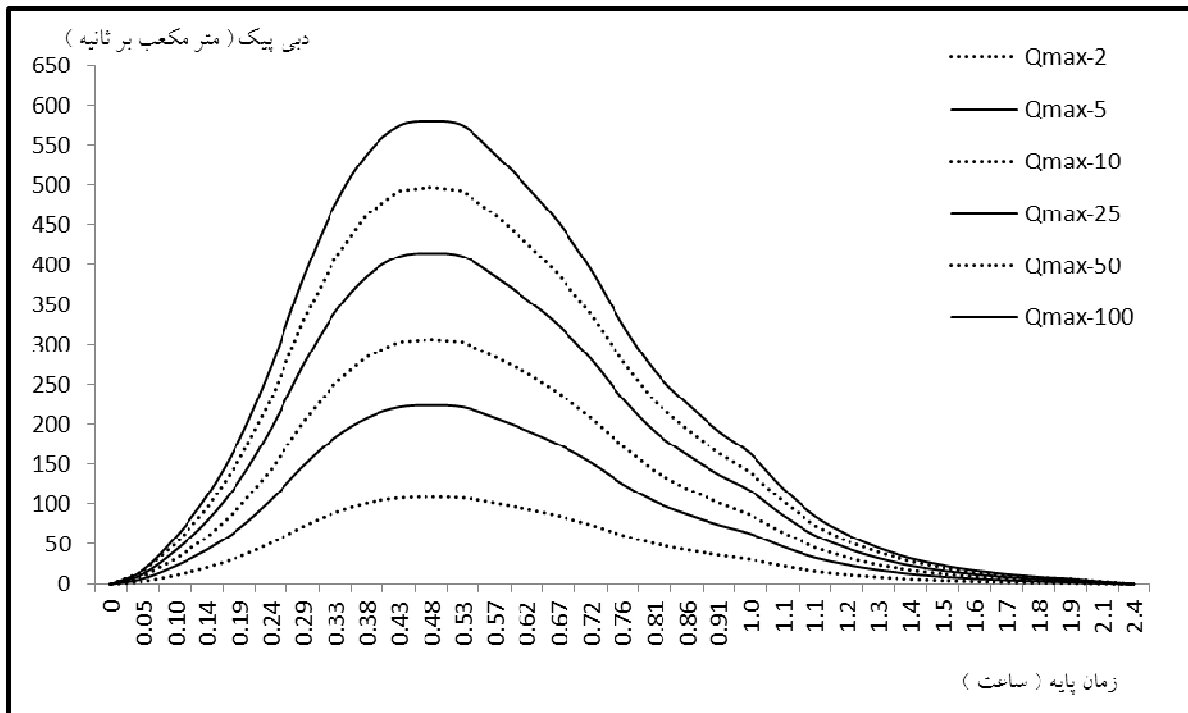
ستون سوم این جدول نیز مانند ستون اول دارای مقادیر ثابت می باشد. Q_p (حداکثر دبی لحظه ای) در دوره های بازگشت مختلف است. برای بدست آوردن مقادیر Q_{max-2} تا $Q_{max-100}$ بدین صورت عمل می شود :

$$Q / Q_p = 0.03$$

حداکثر دبی لحظه ای با دوره های بازگشت مختلف را در عدد ثابت ۰/۰۳ ضرب و مقادیر Q در دوره های بازگشت مختلف بدست می آید. بدین ترتیب ابعاد هیدروگراف حوضه لیافو ساخته می شود و پس از آن ، نمودار هیدروگراف این حوضه نیز ترسیم گردید.

جدول شماره ۹: ابعاد هیدروگراف حوضه آبخیز لیافو در دوره‌های بازگشت مختلف

| T/Tp | t | Q/Qp | Qmax-2 | Qmax-5 | Qmax-10 | Qmax-25 | Qmax-50 | Qmax-100 |
|------|------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | 0,05 | 0,03 | 3,25 | 6,70 | 9,18 | 12,43 | 14,90 | 17,38 |
| 0,2 | 0,10 | 0,1 | 10,84 | 22,33 | 30,62 | 41,45 | 49,66 | 57,93 |
| 0,3 | 0,14 | 0,19 | 20,60 | 42,43 | 58,17 | 78,75 | 94,36 | 110,07 |
| 0,4 | 0,19 | 0,31 | 33,60 | 69,22 | 94,91 | 128,49 | 153,96 | 179,58 |
| 0,5 | 0,24 | 0,47 | 50,95 | 104,95 | 143,89 | 194,80 | 233,42 | 272,27 |
| 0,6 | 0,29 | 0,66 | 71,54 | 147,38 | 202,06 | 273,55 | 327,79 | 382,34 |
| 0,7 | 0,33 | 0,82 | 88,89 | 183,11 | 251,05 | 339,87 | 407,25 | 475,03 |
| 0,8 | 0,38 | 0,93 | 100,81 | 207,67 | 284,73 | 385,46 | 461,88 | 538,75 |
| 0,9 | 0,43 | 0,99 | 107,32 | 221,07 | 303,10 | 410,33 | 491,68 | 573,51 |
| 1 | 0,48 | 1 | 108,40 | 223,30 | 306,16 | 414,48 | 496,65 | 579,30 |
| 1,1 | 0,53 | 0,99 | 107,32 | 221,07 | 303,10 | 410,33 | 491,68 | 573,51 |
| 1,2 | 0,57 | 0,93 | 100,81 | 207,67 | 284,73 | 385,46 | 461,88 | 538,75 |
| 1,3 | 0,62 | 0,86 | 93,22 | 192,04 | 263,30 | 356,45 | 427,12 | 498,20 |
| 1,4 | 0,67 | 0,78 | 84,55 | 174,18 | 238,80 | 323,29 | 387,38 | 451,85 |
| 1,5 | 0,72 | 0,68 | 73,71 | 151,85 | 208,19 | 281,84 | 337,72 | 393,92 |
| 1,6 | 0,76 | 0,56 | 60,70 | 125,05 | 171,45 | 232,11 | 278,12 | 324,41 |
| 1,7 | 0,81 | 0,46 | 49,86 | 102,72 | 140,83 | 190,66 | 228,46 | 266,48 |
| 1,8 | 0,86 | 0,39 | 42,28 | 87,09 | 119,40 | 161,65 | 193,69 | 225,93 |
| 1,9 | 0,91 | 0,33 | 35,77 | 73,69 | 101,03 | 136,78 | 163,89 | 191,17 |
| 2 | 1,0 | 0,28 | 30,35 | 62,52 | 85,72 | 116,05 | 139,06 | 162,20 |
| 2,2 | 1,1 | 0,207 | 22,44 | 46,22 | 63,37 | 85,80 | 102,81 | 119,92 |
| 2,4 | 1,1 | 0,147 | 15,93 | 32,83 | 45,01 | 60,93 | 73,01 | 85,16 |
| 2,6 | 1,2 | 0,107 | 11,60 | 23,89 | 32,76 | 44,35 | 53,14 | 61,99 |
| 2,8 | 1,3 | 0,077 | 8,35 | 17,19 | 23,57 | 31,91 | 38,24 | 44,61 |
| 3 | 1,4 | 0,055 | 5,96 | 12,28 | 16,84 | 22,80 | 27,32 | 31,86 |
| 3,2 | 1,5 | 0,04 | 4,34 | 8,93 | 12,25 | 16,58 | 19,87 | 23,17 |
| 3,4 | 1,6 | 0,029 | 3,14 | 6,48 | 8,88 | 12,02 | 14,40 | 16,80 |
| 3,6 | 1,7 | 0,021 | 2,28 | 4,69 | 6,43 | 8,70 | 10,43 | 12,17 |
| 3,8 | 1,8 | 0,015 | 1,63 | 3,35 | 4,59 | 6,22 | 7,45 | 8,69 |
| 4 | 1,9 | 0,011 | 1,19 | 2,46 | 3,37 | 4,56 | 5,46 | 6,37 |
| 4,5 | 2,1 | 0,005 | 0,54 | 1,12 | 1,53 | 2,07 | 2,48 | 2,90 |
| 5 | 2,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



شکل شماره ۴: نمودار هیدروگراف سیل رودخانه لیافو

نتیجه گیری :

حوضه آبخیز لیافو جزء حوضه های ناشناخته و کوچک حوضه آبریز سفیدرود می باشد که زهکش اصلی آن قبل از سد سنگر وارد بستر سفیدرود می گردد. این حوضه حالتی کوهپایه ای داشته و اراضی آن پوشیده از جنگل است ، اما در سالهای اخیر بدلیل قطع درختان جنگلی در این حوضه ، میزان رواناب حاصل از بارندگیها در آن افزایش یافته است. بررسی های ژئومورفولوژیک ، فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه آبخیز لیافو نشان میدهد که شکل ، وسعت و شیب بستر رودخانه و بارشهای ۲۴ ساعته این حوضه از عوامل مهم در سیل خیزی آن محسوب می گردند.

از نظر شکل ، حوضه آبخیز لیافو جزء حوضه های نسبتاً کشیده محسوب می گردد. شکل حوضه در زمان تمرکز و روند سیل خیزی تاثیر دارد. هر چه حوضه کشیده تر باشد ، زمان تمرکز آن کاهش یافته ، در نتیجه زمان اوج دبی پیک کاهش می یابد. از نظر وسعت ، این حوضه جزء حوضه های کوچک محسوب می گردد ، بنابراین عکس العمل آن نسبت به بارشهای کوتاه مدت و تبدیل آن به سیلاب بیشتر خواهد بود. بارش ۲۴ ساعته بدست آمده برای حوضه با دورههای بازگشت مختلف ، نشاندهنده فزونی این نوع بارندگی در حوضه آبخیز لیافو است. سیلاب زمانی روی می دهد که خاک و گیاهان نتوانند بارش را جذب نمایند و در نتیجه کانال طبیعی رودخانه کسش گذردهی رواناب ایجاد شده را نداشته باشد. به طور متوسط تقریباً ۳۰ درصد بارش به رواناب تبدیل میشود که این میزان با ذوب برف افزایش می یابد. (رحیمی ، ۱۳۸۸)

مطالعات توپوگرافی حاکی از آن است که حجم ارتفاعات این حوضه در بخش شرقی بیشتر و آبراهه های فرعی آن طولانی تر از بخش غربی است ، بنابراین روانابهای حاصل از بارندگی در مدت زمان کمتری از دامنه های غربی وارد زهکش اصلی لیافو می گردند. زمان پایه برای رودخانه لیافو ۲/۴ ساعت بدست آمده است که نشاندهنده وسعت کم حوضه لیافو می باشد. هیدروگراف رودخانه نشان می دهد که زمان تا اوج برای رودخانه لیافو ۰/۴۸ ساعت است ، بدین معنی که دبی در این رودخانه در کمتر از ۰/۴۸ ساعت به اوج خود می رسد . شکل هیدروگراف حاکی از آن است که با توجه به وسعت کم حوضه ، زمان تمرکز در آن کاهش یافته بطوریکه روند سیلخیزی حوضه را افزایش داده است. پهنه های سیلابی در این حوضه در محدوده ارتفاعی ۵۰ تا ۱۰۰ متر (نقشه توپوگرافی) در حاشیه رودخانه قرار دارند ، در این پهنه شیب بین ۵ - ۰ درصد می باشد. در مسیر رودخانه لیافو چالابهای زیادی گسترش دارند که این چالابها بوسیله نقاط کم عمق بستر رودخانه به هم متصل می گردند. از طرفی در بستر این رودخانه بار بستر درشت در برخی از بخشهای آن گسترش دارد که باعث کاهش روند سیل خیزی می گردند.

منابع :

- ۱- بهزاد ، اردوان و همکاران (۱۳۹۰) ، برآورد پتانسیل سیلاب با تاکید بر ویژگیهای ژئومورفولوژیک در دو حوضه آبخیز زیلکی و فیره رود با استفاده از روش SCS، فصل نامه جغرافیایی سرزمین ، سال هشتم ، شماره ۳۰ .
- ۲- حسین زاده ، سیدرضا و همکاران (۱۳۸۵) ، تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژیک سیلاب های کاتاستروفیک رودخانه ی مادرسو (جنگل گلستان) ، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای ، شماره هفتم .
- ۳- حیدری زاده ، مجید (۱۳۸۹) ، توسعه روش SCS با مفهوم روش منطقی در برآورد پیک سیلاب، تهران، اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب.
- ۴- رحیمی ، داریوش (۱۳۸۸)، تاثیر رگبارهای منفرد بر مدیریت بحران سیل (نمونه مطالعاتی حوضه فارسان) ، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی ، سال ۲۰ ، شماره ۳
- ۵- شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان شمالی (۱۳۸۸) ، کارایی مدل های هیدروگراف واحد در تعیین مشخصات هیدروگراف سیلاب ، دانشگاه فردوسی مشهد .
- ۶- سازمان جنگلها و مراتع (۱۳۸۴) ، تهران ، لایه رقومی زمین شناسی کل ایران.
- ۷- سازمان جنگلها و مراتع (۱۳۸۴) ، تهران ، لایه رقومی خاک شناسی کل ایران.
- ۸- سازمان جنگلها و مراتع (۱۳۸۴) ، تهران ، لایه رقومی پوشش گیاهی کل ایران.
- ۹- علیزاده ، امین (۱۳۸۹) ، اصول هیدرولوژی کاربردی ، مشهد ، انتشارات آستان قدس رضوی .

- ۱۰- غلامی ، وحید و همکاران (۱۳۸۸) ، بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی در ایجاد رواناب و خطر سیلاب حوزه ی آبخیز کسلیان ، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران ، سال سوم ، شماره ۹
- ۱۱- مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۳۶۷) ، برنامه کامپیوتری محاسبه شدت بارندگی در ایران (RIMAC 1.0)
- ۱۲- مهدوی ، محمد ، (۱۳۸۹) ، هیدرولوژی کاربردی ، تهران ، انتشارات دانشگاه تهران ، جلد اول ، چاپ هفتم.
- ۱۳- مهدوی ، محمد ، (۱۳۸۹) ، هیدرولوژی کاربردی ، تهران ، انتشارات دانشگاه تهران ، جلد دوم ، چاپ ششم.
- ۱۴- مقیمی ، ابراهیم (۱۳۸۸) ، اکوزئومورفولوژی و حقوق رودخانه ، تهران ، انتشارات دانشگاه تهران .
- ۱۵- وزارت نیرو ، مرکز مطالعات منابع آب تهران ، (۸۶ - ۱۳۶۴) ، آمار دبی ایستگاه های هیدرومتری توتکی ، پاشاکی ، درازلات و هراتبر .
- ۱۶- وزارت نیرو ، مرکز مطالعات منابع آب تهران ، (۸۶ - ۱۳۶۴) ، آمار ایستگاههای باران سنجی - تبخیر سنجی اسپیلی ، پیر کوه ، شهر بیجار و آستانه .
- ۱۷- وزارت نیرو ، مرکز مطالعات منابع آب تهران ، (۸۶ - ۱۳۶۴) ، آمار ایستگاههای باران سنجی توتکی و سد سنگر
- 18- 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
- 19- T. Reshma , P.Sundara Kumar, M.J.Ratna Kanth Babu , 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
- 20- Bhankaurally Mustapha Yahya , Nowbuth Manta Devi and Bhavana Umrikar (2010), Flood Hazard Mapping by Integrated GIS SCS Model , INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS AND GEOSCIENCES , Volume 1, No 3