



ارزیابی کارایی روشهای شماره منحنی و روش استدلالی در برآورد دبی اوج سیل (مطالعه موردی منطقه ۲۲ شهرداری تهران)

نازیلا رزمجوئی^۱ محمد مهدوی^۲ محسن محسنی ساروی^۳ بهارک معتمد وزیری^۴

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد آبخیزداری، علوم تحقیقات تهران

۲- استاد تمام و عضو هیئت علمی دانشگاه تهران

۳- استاد و عضو هیئت علمی دانشگاه تهران

۴- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه علوم تحقیقات تهران

۱- پست الکترونیک: Nazila_1908@yahoo.com - ۳- پست الکترونیک: msaravi@ut.ac.ir

۲- پست الکترونیک: Mahdavi@nrf.ut.ac.ir - ۴- پست الکترونیک: bmvaziri@yahoo.com

چکیده

برای برآورد دبی اوج سیل در حوزه‌های آبخیز روش‌های تجربی متعددی ابداع گردیده که هر کدام دارای ضرایب منطقه‌ای مخصوص به خود بوده و به این دلیل در سایر مناطق غیرقابل استفاده یا استفاده از آنها همراه با خطا می‌باشد. یکی از روش‌های تجربی مورد استفاده هیدرولوژیست‌ها، روش شماره منحنی است که توسط سرویس حفاظت منابع طبیعی آمریکا پیشنهاد شده و روش دیگر مورد آزمون در این منطقه، روش استدلالی است، سپس دبی اوج سیل برآورد شده است. برای مقایسه مقدار کارایی دو روش یادشده، مقدار دبی اوج مشاهداتی به عنوان مبنا در نظر گرفته شده و مقادیر میانگین مربعات خطا (MSD) آنالیز شده است. و نتایج نشان داد که روش شماره منحنی، دبی اوج را با دقت بالاتری برآورد می‌نماید.

کلید واژه: رواناب، شماره منحنی (CN)، استدلالی (CIA)

مقدمه

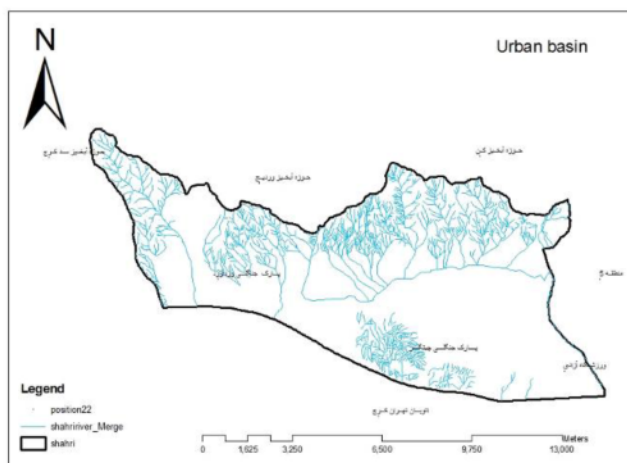
پیش‌بینی و تعیین میزان کمی فرایندهای تولید رواناب و انتقال آن به نقطه خروجی حوزه آبخیز از اهمیت خاصی برخوردار است. برای کنترل و هدایت رواناب و تخلیه جریان‌های سطحی و انتقال آنها به محل مناسب و خارج از منطقه، مدل‌های متفاوتی توسط محققین، سازمان‌های مطالعاتی - تحقیقاتی در کشورهای مختلف جهان ارائه شده و مورد استفاده نیز قرار گرفته‌است، (نشاط، ۱۳۸۰). در حال حاضر استفاده از مدل‌های (بارندگی - رواناب) در این زمینه کاربرد وسیعی یافته و روش‌هایی چون روش استدلالی به تدریج جای خود را به مدل‌هایی که در آن نه تنها دبی حداکثر بلکه رژیم جریان سطحی نیز در هر نقطه از محدوده مطالعاتی محاسبه می‌شود داده‌است، (Hawkins, ۱۹۷۸) محاسبه حجم رواناب حاصل از بارندگی رگباری با استفاده از شماره منحنی (CN) یک روش شناخته شده بین‌المللی است. این روش در



سال ۱۹۵۴ توسط سازمان حفاظت خاک (SCS) پیشنهاد گردید، و نتایج کار بر روی آن نشان داد که مدل قادر است بر روی هر نوع حوزه آبخیز طبیعی، شهری، مختلط (ترکیبی از طبیعی و شهری) به کار رود، (Soil Conservation Service, 1973). این روش در ادوار بعدی برای محاسبه میزان نفوذ نیز استفاده گردیده است و همچنین در حوضه‌هایی که دارای آمار بارندگی و دبی نیز هستند قابلیت استفاده را دارد. در برآورد میزان رواناب با استفاده از روش SCS و مدل HEC-HMS در حوضه باغ‌ملک استان خوزستان این نتیجه حاصل شد که روش SCS با مقادیر مشاهده‌ای سازگاری بیشتری را نشان می‌دهد، (نشاط و صدقی، ۱۳۸۵). ولی ملکیان در بررسی کارایی مدل SCS نتیجه گرفت که این روش دارای خطای زیادی است، (ملکیان و همکاران، ۱۳۸۳). در بررسی حساسیت روش ترسیمی SCS به پارامترهای ورودی برای تخمین دبی اوج سیلاب که در ۱۹ حوضه بررسی شد، روش شماره‌منحنی کارایی نسبتاً مناسبی در تخمین دبی اوج سیل نتیجه شد (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۶). و در تحقیقی تحت عنوان استفاده از روش SCS در برآورد پیک سیلاب حوزه آبخیز ابوالعباس خوزستان نشان داده شده که روش SCS می‌تواند به عنوان روشی مناسب جهت پیش‌بینی سیلاب این حوضه، مورد استفاده قرار بگیرد (فتحی و همکاران، ۱۳۸۸). در تحقیق موردنظر پس از برآورد دبی اوج به روش SCS، روش استدلالی نیز بررسی شده است. و هدف از این تحقیق مقایسه روش‌های شماره‌منحنی و استدلالی در برآورد دبی اوج سیل در منطقه ۲۲ است.

مواد و روشها

این حوضه از نظر تقسیم‌بندی حوزه‌های آبخیز ایران، زیرحوضه‌ای از حوضه مرکزی می‌باشد که در مجاورت رودخانه- کرج و جاجرود واقع گردیده است و بین عرض‌های جغرافیایی ۳۵:۴۲:۵۴ و ۳۵:۴۸:۱۴ شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۱:۰۵:۰۲ و ۵۱:۱۷:۲۳ شرقی قرار دارد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را که در محیط GIS تولید شده را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه

(دانشگاه آزاد اسلامی مرکز تحقیقات و مطالعات زیست‌محیطی تهران، ۱۳۸۰). در این تحقیق ابتدا مرز منطقه مورد مطالعه با استفاده از تفسیر عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین بازدید صحرایی از حوضه بر روی نقشه



توپوگرافی ۱:۲۰۰۰۰ پیاده و کلیه سرشاخه‌های اصلی دارای آب دائمی حوضه، مشخص و به این ترتیب حوضه مورد مطالعه بسته شده است.

روش شماره منحنی (Curve Number)، بر اساس مشاهدات متعدد در حوضه‌های معرف و در اقلیم مختلف آمریکا بنا شده است و ارتفاع رواناب ناشی از باران را از رابطه زیر محاسبه می‌کند:

[1]

$$Q = \frac{(P - 0.25S)^2}{P + 0.175S}, \quad P > 0.25S$$

که در این رابطه: Q: ارتفاع رواناب، P: ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته، S: حداکثر توان نگهداری مربوط به اتلاف‌رایی و نفوذ در خاک و ذخیره سطحی و مقدار آن با استفاده از میانگین وزنی CN طبق فرمول بدست می‌آید، این مقدار از تلفیق نقشه کاربری‌اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک حاصل میشود که مقدار بدست آمده در جدول ۱ آمده است، مهدوی (۱۳۸۱). برای منطقه مورد مطالعه ضریب ۰/۱ برای S در نظر گرفته شده است.

[2]

$$\overline{CN} = \frac{\sum(CN_i \times A_i)}{\sum A_i}$$

A_i : مساحت مربوط به هر واحد همگن، CN_i : شماره منحنی مربوط به هر واحد

مقدار شماره منحنی (CN) از جمله متغیرهای موثر در تولید رواناب است که عاملی بدون بعد و شاخصی از اطلاعات ورودی مربوط به بارندگی از مهم‌ترین اطلاعات در انجام محاسبات است. در برآورد ارتفاع رواناب یک رگبار ۶ ساعته انتخاب و بر پایه این زمان، از منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی (IDF) مقادیر شدت باران به ازای دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ ساله از این منحنی‌ها استخراج و تبدیل به مقدار بارندگی، سپس ارتفاع رواناب با دوره-بازگشت‌های بدست آمده، دبی پیک براساس فرمول محاسبه می‌شود. در روش برآورد رواناب با استفاده از شماره منحنی، برای زمان تمرکز مرز ۶ ساعت فرض شده است، به این صورت که اگر مقدار Tc برآورد شده تا ۶ ساعت باشد مدت زمان ۶ ساعت و اگر بیش از ۶ ساعت باشد همان مقدار را از نمودار IDF استخراج و در فرمول وارد می‌شود. با توجه به اینکه زمان تمرکز بدست آمده از حوضه که (بر اساس محاسبات انجام شده ۲/۹۴ ساعت) کمتر از ۶ ساعت می‌باشد، مدت زمان مورد نظر در IDF ۶ ساعت در نظر گرفته شده است. محاسبات مربوط به این بخش با کمک نرم افزار Excel انجام-گرفته است. و منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی از سازمان هواشناسی تهیه شده است. و مقدار دبی اوج سیل طبق فرمول زیر با دوره بازگشت‌های مختلف بدست می‌آید:

[3]

$$Q_{MAX} = \frac{2.48 \times A \times Q}{T_p}$$



Q_{MAX} : دبی حداکثر لحظه‌ای به مترمکعب بر ثانیه، Q : ارتفاع رواناب بر حسب سانتی‌متر، T_p : زمان از شروع شاخه- صعودی هیدروگراف تا رسیدن به اوج^۱ بر حسب ساعت است که می‌توان آن را از مجموع زمان تاخیر و نصف مدت زمان بارش موثر بدست آورد. همچنین این زمان را می‌توان بر حسب دقیقه از رابطه زیر و از روی زمان تمرکز^۲ محاسبه کرد که TC در این رابطه زمان تمرکز است.

[4]

$$T_p = \sqrt{T_c + 0.16T_c}$$

روش استدلالی نیز به‌طور وسیعی در جهان و به‌خصوص در هیدرولوژی شهری مورد استفاده قرار گرفته است و طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

[5]

$$Q = \frac{1}{36.5} \times CIA$$

Q : دبی اوج سیل به مترمکعب بر ثانیه با دوره‌بازگشتی برابر با دوره‌بازگشت رگبار، C : ضریب رواناب‌سطحی که از جداول مختلف بدست می‌آید و فرض شده که در طول بارش مقدار ثابتی دارد، I : حداکثر شدت بارندگی به میلی‌متر بر ساعت و در زمان تمرکز است که از روی دسته منحنی‌های شدت مدت فراوانی و یا با استفاده از فرمول‌های تجربی در دوره‌بازگشت دلخواه به‌دست می‌آید و فرض بر این است که دوره‌بازگشت سیلاب برابر با دوره‌بازگشت باران مورد نظر است، A : مساحت حوضه به هکتار می‌باشد.

در این روش، میزان شدت بارندگی در دوره‌بازگشت‌های مختلف را با توجه به زمان تمرکز حوضه از نمودارهای شدت مدت فراوانی استخراج و ضریب رواناب‌سطحی را از طریق جدول ضریب رواناب سطحی، به‌طور وزنی محاسبه، سپس با مقادیر مساحت حوضه که در نرم‌افزار GIS برآورد شده است در فرمول مربوطه وارد و دبی اوج سیل را محاسبه می‌کنیم. نتایج حاصل از این محاسبات در جداول شماره ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱- نتایج حاصل از محاسبه برخی پارامترهای مورد نیاز در برآورد دبی اوج سیل

حوضه	CN	S(mm)	A(Km ²)	زمان پیمایش (min)	زمان تمرکز (min)	زمان اوج (min)
منطقه ۲۲	۸۰/۸۹	۵۹/۹۹	۹۱/۲۵	۱۷۶/۴	۱۷۶/۴	۱۱۹/۱۲

جدول ۲- دبی اوج سیل با دوره‌بازگشت‌های مختلف در روش

دوره بازگشت						دبی اوج روش
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۹۵/۹۲	۸۶/۱۸	۷۶/۷۸	۵۳/۵۶	۳۵/۸۰	۱۵/۵۲	SCS
۱۶۵/۲۴	۱۵۰/۷۴	۱۲۷/۹۳	۹۹/۳۶	۸۰/۱۴	۵۴/۱۹	CIA

1. Time to peck

2. Time of concentration



مقایسه داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی

برای مقایسه داده‌های مشاهده‌ای (با استفاده از آمار هیدرومتری) و داده‌های برآوردی (معادلات تجربی) از دو پارامتر آماری میانگین و واریانس استفاده شده‌است و روشی که هر دو پارامتر را با هم در نظر می‌گیرد میانگین مربعات خطا می‌باشد و فرمول آن به صورت زیر است: (رحمانی، ۱۳۸۸).

[6]

$$MSE = (\bar{X}_i - \bar{X}_j)^2 + \sigma^2$$

که در آن \bar{X}_i : میانگین مقادیر برآوردی، \bar{X}_j : میانگین مقادیر مشاهده‌ای، σ^2 : واریانس مقادیر برآوردی

اطلاعات مربوط به ایستگاه پایین دست حوضه (آمار مشاهداتی) و روشهای تجربی برآورد رواناب در مدل‌های CIA, SCS در جدول شماره ۳ آمده است، و ستون مربوط به میانگین مربعات خطا است که معیار انتخاب بهترین روش است.

جدول ۳- نتایج آنالیزهای آماری

MSE	واریانس	میانگین	روشها
-	۱۲۸۴	۵۸/۴۸	آمار مشاهداتی
۸۱۶/۲۵	۸۱۰/۰۷	۶۰/۶۲	SCS
۴۵۱۹/۰۸	۱۵۱۶/۷۷	۱۱۲/۹۳	CIA

نتایج و بحث

همان‌طور که گفته شد برای مقایسه داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی از دو پارامتر آماری میانگین و واریانس (پراکندگی) می‌توان استفاده کرد. به این صورت روشی که مقدار میانگین آن به میانگین جامعه نزدیکتر و مقدار واریانس آن کمتر باشد، روشی بهینه است. و روشی که هر دو پارامتر را با هم در نظر می‌گیرد MSE (میانگین مربعات خطا) است، و به‌طور قراردادی رابطه‌ای مناسب‌تر تشخیص داده می‌شود که میانگین مربعات خطای کمتری داشته باشد. بر این اساس در پژوهش حاضر روش SCS شرایط ذکر شده را دارا می‌باشند و جواب نسبتاً خوبی را ارائه داده‌است. و نتایج حاصل از محققین دیگر در این زمینه بر درستی نتایج این تحقیق صحه می‌گذارد.

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات مرکز تحقیقات و مطالعات زیست‌محیطی، (۱۳۸۰)، "پروژه ارزیابی و پیش‌بینی آلودگی صوتی ناشی از اجرای طرح منطقه ۲۲ شهرداری تهران بر محیط‌زیست"، جلد ۱ گزارش دوم.

۲- رحمانی، م.، (۱۳۸۸)، "مقایسه بین روش‌های بهینه‌سازی پارامتری و ناپارامتری قبل از ساخت"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آمار دانشگاه علامه طباطبایی.



- ۳- فتحی، ن و همکاران، (۱۳۸۸)، " استفاده از روش SCS در برآورد پیک سیلاب (مطالعه موردی: سیلاب حوضه ابوالعباس خوزستان)", اولین کنفرانس بین المللی مدیریت منابع آب.
- ۴- ملکیان، آ. و همکاران، (۱۳۸۳)، " بررسی کارایی شماره منحنی در برآورد عمق رواناب", مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷ (۴): ۶۲۱-۶۳۳.
- ۵- مهدوی م. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی ۲، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۳۷ صفحه.
- ۶- نشاط، ع.، (۱۳۸۰)، " استفاده از روش SCS در برآورد شرایط جذب و دفع آب و هیدروگراف های سیلاب طرح در اراضی آبخور در حوضه آبریز باغ ملک", پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری، دانشگاه آزاد اسلامی علوم تحقیقات تهران، ۱۴۰ صفحه.
- ۷- 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 علمی پژوهشی علوم کشاورزی، سال ۱۲ جلد ۴: ۷۸۷-۷۹۸.
- ۸- هادیان امری، م و همکاران، (۱۳۸۹)، " ارزیابی توزیع های آماری در برآورد دبی حداکثر سیلاب با دوره بازگشت های مختلف در حوزه آبخیز تجن", مجموعه مقالات ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشگاه تربیت مدرس، ۸ و ۹ اردیبهشت ۱۳۸۹: ۲۶۲ ص
- ۹- یزدانی م و همکاران، (۱۳۸۶)، " بررسی حساسیت روش ترسیمی SCS به پارامترهای ورودی برای تخمین دبی اوج سیلاب", چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه های آبخیز. دانشگاه تهران، ۱ و ۲ اسفند ۱۳۸۶: ۳۲۸ ص.
- 10- Hawkins, R.H., (1978), Effect of Rainfall Intensity on Run off Curve Number, Hydrology and water resources in Arizona and Southwest, University of Arizona, office of arid Lands, No1.8.
- 11- Soil Conservation Service., (1973), A Method for Estimating Volume and Rate of Run off in small watersheds, SCS, Tech. Water Resources publication, Washington, D.C. pp.149.