

تخمین میزان رواناب شهری برای تأمین نیاز آبی فضای سبز (مطالعه موردی: شهر سرپل ذهاب)

شاهین محمدی* و الهام کریمیان^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳)

چکیده

امروزه تأمین آب برای بخش‌های مصرف خانگی، کشاورزی، فضای سبز و صنعت، یکی از مهم‌ترین چالش‌های دولت‌ها در بسیاری از مناطق جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران است. هدف از این پژوهش شبیه‌سازی رواناب حاصل از بارش روزانه شهر سرپل ذهاب، برآورد مقدار نیاز آبی فضای سبز منطقه و جمع‌آوری رواناب برآورد شده برای آبیاری فضای سبز منطقه است. در پژوهش حاضر پس از تهیه اطلاعات و نقشه DEM از محدوده مورد مطالعه، زیرحوضه‌ها به‌صورت مجزا استخراج شدند. پس از تهیه و تولید لایه‌های هیدرولوژیکی، اقلیمی، فیزیوگرافی منطقه و تلفیق آنها با هم، منطقه مورد بررسی قرار گرفت. شبیه‌سازی بارش رواناب از طریق مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS انجام گرفت. سپس عمق رواناب و حجم سیلاب زیرحوضه‌ها از روش SCS به‌دست آمد. از طرف دیگر نیاز آبی فضای سبز شهر سرپل ذهاب از طریق بارش مؤثر به‌وسیله چهار روش شامل SCS، ۸۰ درصدی، قابل اطمینان و USDA برای هر ماه به‌صورت جداگانه برآورد شد. در نهایت مقدار نیاز خالص آبی فضای سبز در هر ماه برای چهار روش (SCS، ۸۰ درصدی، روش قابل اطمینان و USDA) به‌دست آمد. نتایج این مطالعه نشان داد که نقش شماره منحنی رواناب در شدت نفوذ از بقیه متغیرها بیشتر است. در نتیجه نفوذناپذیری سطح حوضه‌های شهری و تغییراتی که در اثر رشد و توسعه شهر به‌وجود می‌آید مانند از بین بردن پوشش گیاهی، تراکم خاک و ایجاد سیستم جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی به‌مقدار زیادی از نفوذ آب در خاک می‌کاهد. در نتیجه نتایج نشان داد مقدار نیاز خالص آبیاری برای پنج ماه از اوایل اردیبهشت تا اواخر شهریور به‌وسیله روش‌های SCS، ۸۰ درصدی، روش قابل اطمینان و USDA به‌ترتیب برابر با ۲۴۳۵۲۵، ۲۳۸۰۶۲، ۲۶۷۸۶۵ و ۲۳۶۴۵۸ مترمکعب است. مقدار حجم رواناب برآورد شده ۲۶۶۰۰۰ مترمکعب است که با توجه به مساحت فضای سبز شهر سرپل ذهاب و نیاز آبی ماهانه برای آبیاری، رواناب برآورد شده از نظر هر چهار روش آب موردنیاز برای آبیاری به مدت پنج ماه از اوایل اردیبهشت تا اواخر شهریور را تأمین می‌کند.

واژه‌های کلیدی: HEC-HMS، زمان تمرکز، بارش مؤثر، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شماره منحنی رواناب

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Shahin_mohammadi70@yahoo.com

مقدمه

کمتر از یک درصد آب‌های جهان، شیرین و برای شرب، کشاورزی و دیگر مصارف عمومی قابل‌دسترس است (۵). علاوه بر کمیت ناچیز، این آب‌ها توزیع بسیار ناهم‌گونی نیز دارند. بر اساس جدیدترین آمارهای سازمان ملل متحد، حدود ۱/۵ میلیارد نفر یا حدود ۲۰ درصد از ساکنان کره زمین، از آب سالم محروم هستند. افزایش جمعیت، صنعتی شدن کشورها، توسعه کشاورزی، ارتقای سطح زندگی انسان‌ها و رشد مداوم مصرف آب، آلودگی آب‌ها و همچنین گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی از جمله مهم‌ترین دلایل بحران‌های آب شیرین در جهان است. تأمین آب برای بخش‌های مصرف‌کننده، کشاورزی، فضای سبز و صنعت در حال حاضر یکی از مهم‌ترین چالش‌های دولت‌ها در بسیاری از مناطق جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران است. بسیاری از صاحب‌نظران معتقد هستند که آب باران می‌تواند یکی از منابع جان‌نشین برای آب‌های شیرین موجود محسوب شود و در صورت جمع‌آوری، ذخیره و مدیریت صحیح می‌تواند شیوه‌ای مناسب و کم‌هزینه حداقل برای تأمین بخشی از تقاضاهای آب به‌شمار آید. امروزه در کشور ایران تأمین آب یک مسئله بسیار مهم و حیاتی است و از طرف دیگر بیشتر شهرهای ایران برای تأمین آب شرب و غیرشرب با مشکل روبه‌رو هستند. با توجه به برنامه‌های دولت در تأمین آب برای شهروندان، جمع‌آوری آب‌های سطحی شهر برای مصارف غیرشرب و آبیاری امکان‌پذیر و در راستای کمک به حل بحران تأمین آب برای شهروندان است. یکی از مشخصه‌های توسعه شهری افزایش سطوح غیر قابل نفوذ است که به‌خاطر تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی و اراضی منابع طبیعی و اختصاص آن به ساخت‌وساز واحدهای مسکونی و معابر عمومی پدید می‌آید. از عوارض این تغییرات کاهش نفوذ آب باران به داخل زمین و در عوض افزایش رواناب حاصل از بارندگی از هر دو منظر حجم و شدت جریان است. جاری شدن رواناب در سطح شهر علاوه بر تحمیل هزینه‌های زیاد برای احداث مجاری و

زهکش‌های مناسب برای خارج ساختن این آب‌ها از معابر، باعث آلودگی آنها شده و به‌خاطر مخلوط شدن با انواع پساب‌هایی که در مسیر حرکت به آن اضافه می‌شود، تصفیه و بهره‌برداری مجدد آنها را دچار مشکل جدی می‌سازد. استحصال آب باران روشی است که به کمک آن می‌توان از باران در محل بارش بهره‌برداری کرد و علاوه بر جلوگیری از خارج شدن رواناب از دسترس و آلودگی آنها، صرفه‌جویی قابل‌توجهی در استفاده از سیستم آب‌رسانی شهری به عمل آورد. با این کار سیستم زهکشی رواناب شهری قادر خواهد بود که در شرایط وقوع رگبارهای شدید بهتر عمل کند و از آب‌گرفتگی معابر جلوگیری خواهد شد. ترویج و بهره‌برداری از سیستم‌های استحصال آب باران علاوه بر جلب مشارکت بهره‌برداران در مدیریت منابع آب، باعث کاهش اتکا به سیستم متمرکز آب‌رسانی شهری خواهد شد که این موضوع علاوه بر صرفه‌جویی در استفاده از منابع تجدیدناپذیر آب‌های زیرزمینی، باعث جلوگیری از وقوع بحران در شرایط وقوع جنگ، زلزله و یا عملیات خرابکارانه خواهد شد (۲۷). مدیریت جامع شهر در رویکرد سیستمی و اصولی زمانی محقق می‌شود که به تمام جوانب کاربری زمین و خدماتی توجه شود. در طرح‌های جامع جمع‌آوری و دفع سیلاب‌های شهری، ضروری است که به تمامی سیستم زهکش مشتمل بر سیستم فرعی و اصلی اتصالات و ارتباطات آنها توجه شود. مسئله دفع آب‌های سطحی از مسائل عمده ایمن‌سازی مناطق مسکونی از خطر وقوع سیلاب و درنهایت رفع خسارات احتمالی از مناطق شهری است (۱). میسرا و شارما (۲۱)، با بررسی سیستم‌های استحصال آب شهری در هند دریافتند که با جمع‌آوری رواناب ناشی از سطح بامخانه‌ها و ذخیره آن در چاه، می‌توان آب مورد نیاز خانوارها را در طی یک دوره بحرانی تأمین کرد. فناوری‌های بومی هوشمندانه‌ای از قبیل آب‌انبارها، در ذخیره‌سازی و نگهداری آب حاصل از بارندگی نقش مؤثری دارند. در این زمینه می‌توان از تجربیات روز دنیا استفاده کرد. برای نمونه کشور استرالیا از این روش استفاده گسترده‌ای کرده

آمده اطمینان کامل داشته و از آنها برای پیش‌بینی سیلاب‌های احتمالی بهره جست. نصری و همکاران (۲۴)، مطالعه‌ای با هدف شبیه‌سازی جریان رواناب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-HMS انجام دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد مناطقی که در نزدیکی نقطه خروجی حوضه قرار دارند، بیشترین نقش را در تولید سیل داشته و بایستی در اولویت شهرداری برای احداث مخازن قرار گرفته شوند. عمادی و نصری (۷)، به مطالعه رواناب‌ها و سیلاب‌های شهری شهر فارسان پرداختند. در این مطالعه شش زیرحوضه بالادست شهر فارسان و یک حوضه بزرگ در غرب به‌همراه ۴۳ زیرحوضه شهری فارسان برای تعیین وضعیت سیل‌خیزی و تعیین رواناب سطحی بررسی شد. در ادامه مسیرهای اصلی زهکشی شهری به تعداد چهار مسیر اصلی برای جمع‌آوری و انتقال آب‌های سطحی واحدهای هیدرولیکی شهری تعیین شد. در نهایت اقدام به طراحی و ارائه سازه مناسب و راهکارهای مدیریتی برای تسهیل جمع‌آوری، هدایت و دفع آب‌های سطحی شد.

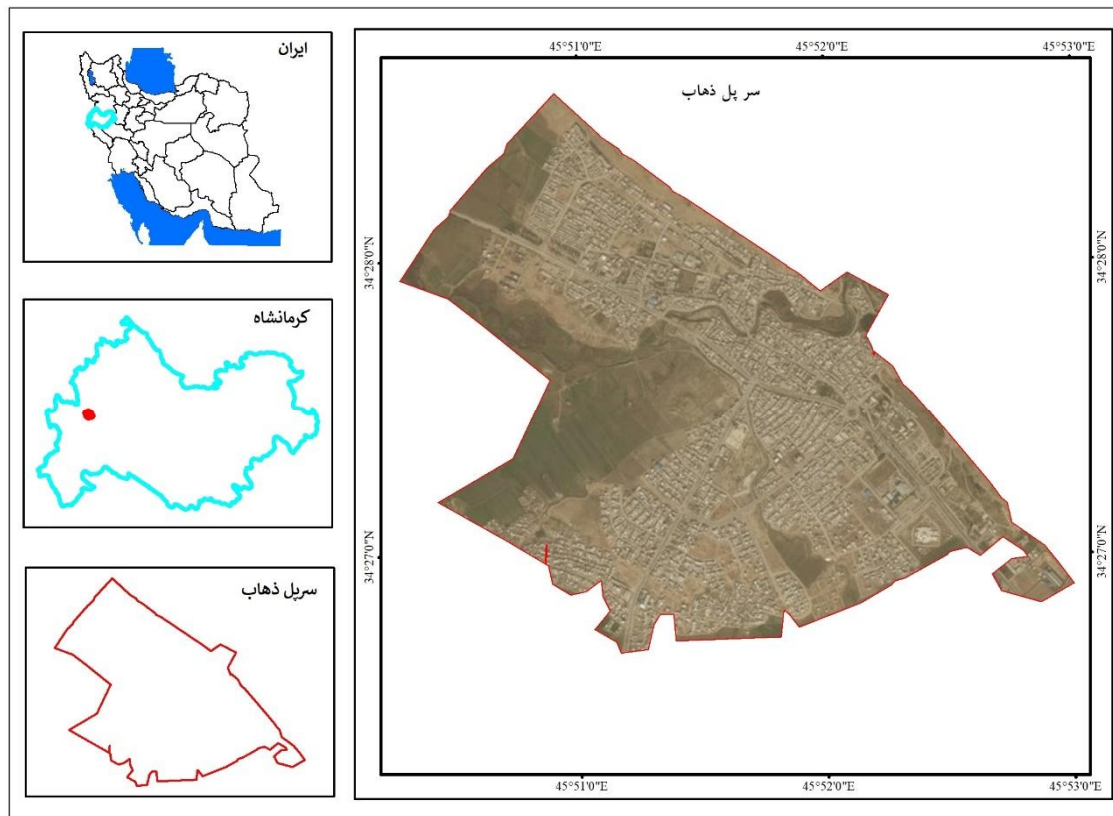
در پژوهش‌های قبلی بیشتر مقدار رواناب و سیلاب ایجاد شده از بارندگی، شبیه‌سازی و بررسی می‌شد و پاسخ به این سؤال که آیا این مقدار رواناب پاسخگوی چه مساحتی از فضای سبز منطقه است را نمی‌داد، از این‌رو هدف از پژوهش حاضر علاوه بر شبیه‌سازی رواناب حاصل از بارش مقدار نیاز آبی گیاهان و فضای سبز منطقه نیز به‌دست آمد و با به‌دست آوردن حجم رواناب می‌توان تخمین زد که مقدار رواناب برآورد شده پاسخگوی چه مدت آبیاری فضای سبز منطقه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

سرپل ذهاب یکی از شهرهای استان کرمانشاه ایران است. این شهر در ۴۵ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۲۴ دقیقه عرض جغرافیایی و در غرب کشور و انتهای شیب ارتفاعات زاگرس واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع متوسط شهرستان از سطح دریا ۵۵۰ متر است. شهرستان سرپل ذهاب

و تا ۵۰ درصد آب مورد نیاز برای فضای سبز شهری را از طریق ذخیره رواناب فصول پرباران در آب‌انبارها و استفاده از آن در فصول خشک و کم‌باران تأمین کرده است (۱۴). ماسکی و همکاران (۲۰)، نقش بارش‌های ناگهانی در شبیه‌سازی سیل را با استفاده از منطق فازی و مدل بارش - رواناب HEC-HMS برای یکی از حوضه‌های لهستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که توزیع زمانی بارش سهم بیشتری روی رواناب نسبت به مقدار آن دارد. نصری و همکاران (۲۵) با بررسی موقعیت و ساختار فیزیکی - هیدرولوژیکی شهر اردستان از منظر امکان جمع‌آوری آب‌های سطحی، توان تولید رواناب سطحی در واحدهای مختلف شهری را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد از کل سطح اراضی شهر اردستان میزان ۳۰۰ هکتار دارای پتانسیل تولید رواناب زیاد بود که می‌تواند در مخازن چندگانه شمالی شهر ذخیره و پس از عملیات ته‌نشینی رسوبات به‌منظور کاربری‌های بهداشتی و خدماتی و آبیاری فضای سبز شهر و کشاورزی استفاده شود. سنگونی و همکاران (۲۷)، به ارائه راهکارهایی در سه محور کاهش رواناب، ایجاد تأخیر در حرکت رواناب و استفاده از آب حاصل از رواناب را در حوضه‌های شهری بررسی کردند. نتایج نشان داد که می‌توان با مدیریت صحیح و استفاده بهینه از امکانات و توانمندی‌های موجود، سهم چشمگیری از منابع تأمین آب مورد نیاز فعالیت‌های شهری را از رواناب حاصل از بارندگی تأمین کرد. شریفی و حسینی (۲۸) به بررسی روابط برآورد زمان تمرکز در ۴۲ حوضه و زیرحوضه در استان خراسان رضوی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که از بین روابط مورد مطالعه به ترتیب رابطه کالیفرنیا، کریچ و آریزونا برآورد مناسبی را برای تخمین زمان تمرکز در حوضه‌های مورد مطالعه دارند. کریمی و همکاران (۱۱)، شبیه‌سازی فرایند بارش - رواناب با استفاده از مدل HEC-HMS در حوضه آبخیز ليقوان انجام دادند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی هیدروگراف سیل نشان داد اختلاف پیش‌بینی زمان وقوع و اندازه حداکثر سیلاب اتفاق افتاده و محاسبه شده توسط مدل کمتر از ۱۰ درصد است. بنابراین می‌توان به نتایج به‌دست



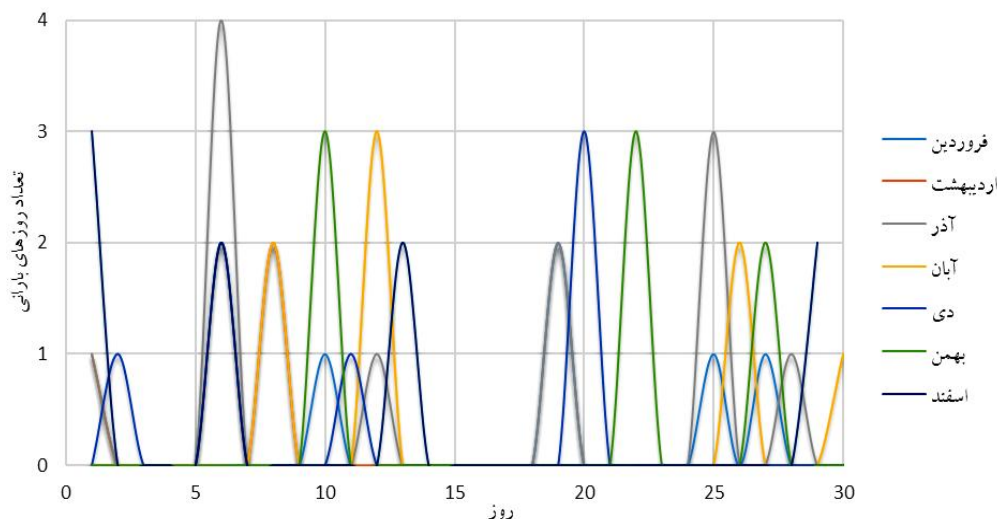
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر سرپل ذهاب در استان کرمانشاه

شناخت این عوامل و متغیرها و نقش آنها در ظهور سیلاب و رواناب‌های سطحی برون‌شهری و درون‌شهری با مقادیر مشخص تعیین می‌شود. در مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS با استفاده از اطلاعات هواشناسی (بارندگی روزانه)، مشخصات فیزیکی زیرحوضه‌ها (شیب، زمان تمرکز، مساحت، شماره منحنی) و زهکش‌های زیرحوضه‌ها (شبکه آبراهه و سیلاب‌رو)، هیدروگراف خروجی و حجم رواناب خروجی محاسبه می‌شود. این مدل مشابه بیشتر مدل‌های هیدرولوژیکی بوده و در عین سادگی پیشرفته است. ساختار به این صورت است که روش هر حوضه آبخیز به زیرحوضه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود و ویژگی‌های فیزیکی هر زیرحوضه، مشخصات زهکش‌ها و مشخصات بارش به عنوان اطلاعات ورودی به آن داده می‌شود. ورودی‌های اصلی مدل HEC-HMS به‌طور خلاصه برای زیرحوضه‌ها شامل مساحت (کیلومتر مربع)، شماره منحنی، زمان تمرکز و برای آمار بارندگی توزیع زمانی بارندگی یک

دارای آب‌وهوایی با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم است و حداکثر نزولات جوی در زمستان و مقدار کمی بهار است و پائیز و تابستانی خشک و بی‌باران دارد. متوسط میزان بارندگی ۴۱۵ میلی‌متر در سال و درجه حرارت ۳/۴ درجه در سردترین، ۴۴/۸ درجه در گرم‌ترین ماه سال و تعداد روزهای یخبندان آن برابر با ۱۵ روز را شامل می‌شود. جمعیت این شهرستان حدود ۵۰ هزار نفر است. در نتیجه شیب منطقه شهری به‌صورت میانگین حدود پنج درصد و در غالب منطقه حدود دو درصد است.

روش کار شبیه‌سازی رواناب

برای بررسی زیرحوضه‌ها و واحدهای کاری و برنامه‌ریزی مورد نظر به شناخت ویژگی‌های طبیعی و عمومی منطقه همچون اقلیم، زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی و شاخص‌های مربوطه پرداخته و سپس با



شکل ۲. وضعیت روزهای بارانی شهرستان سرپل ذهاب

رخدادهای پیوسته دو و سه روزه بود، به همین دلیل هنگام محاسبه شبیه‌سازی رواناب داده‌های روزانه بارش را به صورت متوسط دراز مدت سه روزه جمع در نرم‌افزار قرار داده شد. اصلی‌ترین ورودی‌ها مدل زمان تمرکز حوضه‌ها، مساحت زیرحوضه‌ها (برحسب کیلومتر مربع)، اطلاعات هواشناسی (بارش روزانه) منطقه و شماره منحنی هر زیرحوضه هستند که به مدل معرفی شدند. در نهایت با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS (در نرم‌افزار HEC-HMS) و معرفی پارامترهای ورودی به مدل مذکور مقدار دبی اوج، مقدار نفوذ و رواناب تولیدی برای هر زیرحوضه به صورت مجزا برآورد شد. قلوچارت مراحل انجام این پژوهش در شکل (۳) آورده شده است.

مصرف فضای سبز شهری

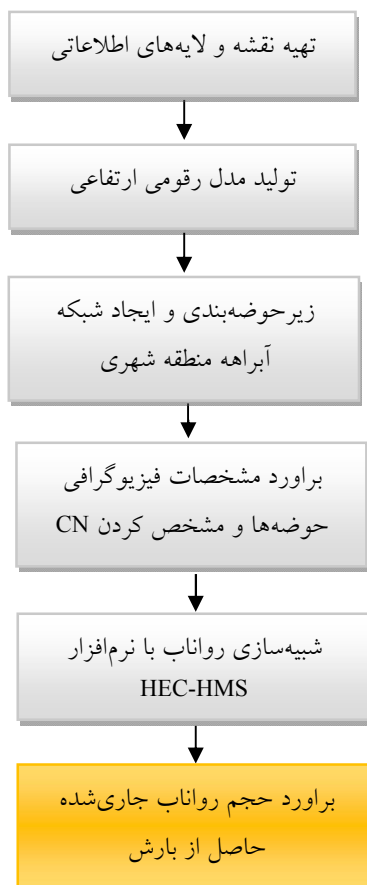
در این مرحله باید نیاز روزانه آبیاری برای فضای سبز در منطقه را برآورد کرد که از طریق آن بتوان مشخص کرد که مقدار رواناب برآورد شده حاصل از آب باران در هر کدام از زیرحوضه‌ها پاسخگوی چه مدت از نیاز آبی فضای سبز منطقه خواهد بود. نیاز آبی گیاهان به پارامترهای بسیاری مثل ظرفیت نگهدارنده خاک، دمای هوا، شیب، خشکی هوا، میزان وزش بادهای دائمی، سایه و غیره بستگی دارد و نه فقط از جایی

ایستگاه در نظر گرفته می‌شود. اطلاعات فیزیوگرافی زیرحوضه‌ها (مساحت، شیب، طول آبراهه اصلی، کاربری اراضی، ارتفاع) در نرم‌افزار ArcGIS ۱۰/۳ به دست آمد و با قرار دادن این مشخصات در (معادله ۱) زمان تمرکز حوضه به دست آمد. براساس پژوهش‌های انجام گرفته روش کالیفرنیا برای مناطق کوچک بیشتر استفاده می‌شود (۲ و ۲۲). از آنجایی که شیب غالب حوضه مورد مطالعه مابین دو تا پنج درصد است و روش کالیفرنیا در شیب‌های بین ۲ تا ۱۱ درصد نتیجه مطلوبی را می‌دهد (۴)، بنابراین زمان تمرکز حوضه‌ها از روش کالیفرنیا به دست آمده که رابطه (۱) آن به شرح زیر هست (۲۵):

$$T_c = (0.848 L^3 / H)^{0.385} \quad (1)$$

که در آن L طول بزرگ‌ترین آبراهه حوضه به کیلومتر، H اختلاف ارتفاع بین پایین‌ترین و بالاترین نقطه آبراهه به متر است.

با توجه به نوع بافت خاک منطقه می‌توان نوع گروه هیدرولوژیکی خاک را مشخص کرد (۱۹). در نتیجه با تهیه نقشه کاربری اراضی زیرحوضه‌ها، شیب زیرحوضه‌ها، گروه هیدرولوژیکی خاک زیرحوضه‌ها، هر کاربری CN مخصوص به خود را گرفت و در نهایت CN به صورت میانگین وزنی برای هر کدام از زیرحوضه‌ها محاسبه شد. شکل (۲) آمار بارش روزانه شهرستان سرپل ذهاب در سال ۱۳۹۳ را نشان می‌دهد. طبق آمار بارش روزانه شهرستان سرپل ذهاب اغلب بارش‌ها



شکل ۳. نمودار مراحل انجام کار شبیه‌سازی بارش - رواناب

$$K_c = K_s \times K_d \times K_{mc} \quad (3)$$

عامل گونه (Species factor) (K_s): عامل گونه گیاهی در شرایط ایده‌آل به صورت نسبت تبخیر - تعرق در عرصه وسیع فضای سبز بر تبخیر - تعرق گیاه مرجع (ET_0/ET_c) در شرایطی که پوشش گیاهی کامل و بدون تنش رطوبتی است، تعریف می‌شود. محدوده تغییرات عامل گونه به صورت جدول (۱) است.

عامل تراکم (Density factor) (K_d): تراکم گیاهان در فضای سبز به علت تفاوت در مرحله بلوغ گیاهان و فاصله بین گونه‌های متنوع گیاهان است. به منظور لحاظ کردن تنوع تراکم گونه‌های گیاهی در عرصه فضای سبز عامل تراکم در نظر گرفته می‌شود که با توجه به جدول (۲) در محدوده ۰/۵ تا ۱/۳ متغیر است.

عامل خرد اقلیم (Microclimate factor) (K_{mc}): ساختمان‌ها

به جای دیگر متفاوت است، بلکه حتی در یک شهر از محلی به محل دیگر و حتی در یک محل از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت خواهد بود.

معادله تبخیر - تعرق فضای سبز: نیاز آبی گیاهان در فضای سبز با استفاده از معادله (۲) تخمین زده می‌شود (۶):

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

که در اینجا ET_0 تبخیر - تعرق مرجع و K_c ضریب مصرف گیاهی در فضای سبز است.

ضریب مصرف گیاهی در فضای سبز: ضریب مصرف گیاهی در فضای سبز برای تخمین آب مورد نیاز گیاهان فضای سبز استفاده می‌شود. ضریب فضای سبز تابعی از سه عامل شامل عامل گونه گیاه موجود در فضای سبز (K_s)، عامل تراکم (K_d) و عامل خرد اقلیم (K_{mc}) است که به صورت زیر محاسبه می‌شود (۶):

جدول ۱. محدوده تغییرات عامل گونه (۶)

مقدار عامل گونه	عامل گونه بر اساس نیاز آبی
< ۰/۱	خیلی کم
۰/۳ - ۰/۱	کم
۰/۶ - ۰/۴	متوسط
۰/۹ - ۰/۷	زیاد

جدول ۲. محدوده تغییرات عامل تراکم (۶)

مقدار عامل تراکم	عامل تراکم بر اساس نیاز آبی
۰/۹ - ۰/۵	کم
۱	متوسط
۱/۳ - ۱/۱	زیاد

جدول ۳. تخمین عامل خرد اقلیم (۶)

مقدار عامل خرد اقلیم	عامل خرد اقلیم بر اساس نیاز آبی
۰/۵ - ۰/۹	کم
۱	متوسط
۱/۱ - ۱/۴	زیاد

شود. بارش مؤثر را می‌توان از طریق چهار رابطه ۸۰ درصدی، روش قابل اطمینان، روش SCS و روش USDA که روابط آنها در جدول (۴) آمده است، به‌دست آورد.

نیاز خالص آبیاری (IR) عبارت است از مقدار آبی که در صورت وجود بارش مؤثر (ER) مقدار آن کسر شده است (۷). نیاز خالص آبیاری را معادل نیاز آب مصرفی (ET_c) در نظر گرفته است. رابطه مورد استفاده برای محاسبه نیاز خالص آبیاری به شرح رابطه (۴) است:

$$IR = ET_c - ER \quad (4)$$

ET_c نیاز آب مصرفی برحسب میلی‌متر و ER بارش مؤثر برحسب میلی‌متر.

در نهایت با داشتن بارش مؤثر و تبخیر - تعرق به‌دست‌آمده برای هر ماه نیاز خالص آبیاری با استفاده از روش‌های مذکور

و عوارض شهری بر پارامترهای اقلیمی شامل دما، سرعت باد، رطوبت و شدت نور و در نتیجه بیلان انرژی و تبخیر تعرق مؤثر است. به‌منظور تخمین دقیق تبخیر تعرق عامل خرد اقلیم در نظر گرفته می‌شود (جدول ۳).

تبخیر - تعرق مرجع (ET_o)

تبخیر و تعرق به‌شیوه فائو - پنمن - مانتیث (FAO - Penman - Monteith) توسط برنامه کراپوات (Cropwat) محاسبه شد. داده‌های مورد استفاده برای تبخیر - تعرق مرجع شامل میانگین ماهانه پارامترهای دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعات آفتابی و میزان تابش خورشیدی است. ضرب تبخیر - تعرق مرجع در ضریب گیاهی مقدار تبخیر - تعرق برای فضای سبز را می‌دهد. در نتیجه برای به‌دست آوردن نیاز خالص آبیاری لازم است که مقدار ابتدا بارش مؤثر برآورد

جدول ۴. روش‌های محاسبه بارش مؤثر در منطقه مطالعاتی

منبع	توضیحات	رابطه	روش	ردیف
	$ET_c = \text{نیاز آب مصرفی گیاه (mm)}$			
(۲۳)	$ER = \text{بارش مؤثر هرماه (mm)}$ $R = \text{بارش هرماه (mm)}$ $F = \text{ضریب}$	$ER = F(1/253 \times R_0 / 824 - 2/935) \times 10(0/001 \times ET_c)$	SCS	۱
(۱۳)	$R = \text{بارش هرماه (mm)}$	$ER = R(125 - 0/2R) / 125$ ($R < 250 \text{mm}$) $ER = 125 + 0/1 \times R$ ($R > 250 \text{mm}$)	USDA	۲
(۱۳)	$R = \text{بارش هرماه (mm)}$	$ER = 80\% \times R$	۸۰ درصدی	۳
(۱۳)	$R = \text{بارش هرماه (mm)}$	$ER = 0/6 \times R - 10$ ($R < 70 \text{mm}$) $ER = 0/8 \times R - 24$ ($R > 70 \text{mm}$)	قابل اطمینان	۴

جدول ۵. مشخصات زیرحوضه‌های شهر سرپل ذهاب

حوضه	ارتفاع بالادست (m)	ارتفاع پایین‌دست (m)	اختلاف ارتفاع (m)	طول آبراهه (km)	شیب آبراهه (%)	زمان تمرکز (min)	مساحت (km ^۲)	حجم رواناب (m ^۳)
۱	۶۰۴	۵۶۴	۵۸	۲/۵	۲/۳	۳۴	۳/۷۹	۲۰۱۰۰۰
۲	۵۵۲	۵۳۰	۲۲	۳/۴	۰/۶۷	۷۱	۳/۶۲	۶۵۰۰۰

(جدول ۴) برای ماه‌های مختلف به صورت جداگانه برآورد شد.

بحث و نتایج

محدوده شهری مورد مطالعه به دو زیرحوضه تقسیم‌بندی و برآورد پارامترهای موردنیاز در زیرحوضه‌ها انجام شده است. در این پژوهش زمان تمرکز حوضه‌ها از روش کالیفرنیا و مقدار حجم رواناب از روش SCS محاسبه شد. نتایج این بخش از مطالعه را می‌توان در جدول ۵ مشاهده کرد.

زیر حوضه‌ها از نظر بافت خاک دارای خاک رسی و لومی رسی بودند، بنابراین در گروه هیدرولوژیکی C قرار گرفتند (۱۷). نتیجه این بررسی و سطوح مربوط به کاربری‌های مختلف برای زیرحوضه‌ها مطابق جدول (۶ و ۷) آورده شده است و آنچه مسلم است خاک این منطقه پتانسیل لازم برای تولید رواناب را دارد. پوشش گیاهی حوضه همراه با شناسایی بافت خاک و نفوذپذیری آن در تخمین شماره منحنی و مقایسه با (CN) واقعی حوضه از اهمیت خاصی برخوردار است. در

جدول (۶ و ۷) کاربری‌های مختلف برای هر کدام از حوضه‌ها مشخص شده که توانایی متفاوتی در ایجاد رواناب دارند. قسمت اعظم این زیرحوضه‌ها منطقه شهری است. مساحت و مقدار شماره منحنی برای هرکدام از کاربری‌ها در زیرحوضه‌ها به تفکیک به دست آمدند. در نهایت برای هر یک از زیرحوضه‌ها یک CN واحد از طریق میانگین وزنی به دست آمد.

تا این مرحله داده‌ها در نرم‌افزار ArcGIS ۱۰/۳ تهیه و تولید شده است. حال قرار دادن پارامترهای به دست آمده مدل شبیه‌سازی رواناب در نرم‌افزار HEC-HMS مقدار و حجم بارش در زیرحوضه‌ها برآورد شد:

در طول ۲۷ سال آمار بارندگی روزانه، بیشترین بارش در سال ۱۳۶۸ با ۶۶۳ میلی‌متر بارندگی (ترسالی) و کمترین بارش در سال ۱۳۷۸ به میزان ۱۷۸ میلی‌متر (خشکسالی) گزارش شده است. هنگام شبیه‌سازی بارش - رواناب حاصل از بارش روزانه هرکدام از سال‌ها، دامنه تغییرات رواناب آنها از ۲۸۰ هزار مترمکعب (خشکسالی) در سال ۱۳۷۸ تا ۲ میلیون مترمکعب

جدول ۶. شماره منحنی کاربرهای مختلف در زیرحوضه یک

کاربری‌ها	مساحت (ha)	CN
منطقه شهری	۳۱۷	۹۸
کشاورزی و مرتع	۱۱	۸۸
زمین بازی	۸	۸۰
چمن	۲	۸۰
فضای سبز مشجر	۲	۷۴
فضای سبز با شیب زیاد	۳۹	۸۶
مجموع	۳۷۹	۹۵

جدول ۷. شماره منحنی کاربرهای مختلف در زیرحوضه دو

کاربری‌ها	مساحت (ha)	CN
منطقه شهری	۲۳۶	۹۸
جنگل	۵	۷۴
فضای سبز	۴	۸۶
کشاورزی	۱۱۷	۸۱
مجموع	۳۶۲	۹۲

جدول ۸. حجم رواناب، مساحت و دبی حداکثر لحظه‌ای در شهرستان سرپل ذهاب به تفکیک زیرحوضه‌ها

حوضه	مساحت (m ²)	دبی حداکثر لحظه‌ای (m ³ /S)	حجم رواناب (m ³)
حوضه یک	۳۷۹۰۰۰۰	۰/۴	۲۰۱۰۰۰۰
حوضه دو	۳۶۲۰۰۰۰	۰/۳	۶۵۰۰۰۰
مجموع	۷۴۱۰۰۰۰	۰/۷	۲۶۶۰۰۰۰

اقدام به محاسبه نیاز آبی گیاهان شد. برای این منظور ابتدا در جدول (۹) مقدار ضریب گیاهی برای هر یک از ماه‌ها تعیین شد. تبخیر - تعرق مرجع همان‌گونه که قبلاً اشاره شد از طریق پنج عامل دمای حداکثر، دمای حداقل، رطوبت، باد و ساعت روشنایی به دست آمد. حال به وسیله ضرب ضریب گیاهی و نیاز آبی مرجع، نیاز آبی فضای سبز (ET_c) برای هر ماه به دست آمد (جدول ۱۰).

در این پژوهش بارش مؤثر برای منطقه مطالعاتی با استفاده از چهار روش ۸۰ درصدی، روش قابل اطمینان، روش SCS و روش USDA به دست آمد. مقادیر بارش مؤثر به دست آمده برای

ترسالی) در سال ۱۳۶۸ متغیر بوده است که به عنوان کمترین و بیشترین رواناب تولید شده در منطقه در نظر گرفته شد. در نتیجه براساس میانگین بارش روزانه طولانی‌مدت، مقدار رواناب به دست آمده برابر با ۲۶۶ هزار مترمکعب بود. در زیرحوضه یک به مساحت حدود ۳/۷۹ کیلومتر مربع، ۲۰۱ هزار مترمکعب و در زیرحوضه دو به مساحت ۳/۶۲ کیلومتر مربع، ۶۵ هزار مترمکعب آب می‌توان ذخیره کرد. مساحت فضای سبز در زیرحوضه یک، تقریباً ۵۲ هکتار و در زیر حوضه دو، حدود ۴ هکتار است (جدول ۸). با مشخص شدن مقدار فضای سبز در گام بعدی

جدول ۹. عامل‌های مؤثر در تعیین ضریب گیاهی

ماه	عامل خرد اقلیم	عامل گونه	عامل تراکم	Kc
فروردین	۱	۰/۵	۱	۰/۵
اردیبهشت	۱/۲	۰/۵	۱/۳	۰/۷۸
خرداد	۱/۱	۰/۷	۱/۱	۰/۸۴
تیر	۱/۱	۰/۷	۱	۰/۷۷
مرداد	۱	۰/۷	۱	۰/۷
شهریور	۱	۰/۷	۱	۰/۷
مهر	۰/۷	۰/۳	۰/۹	۰/۱۸
آبان	۰/۷	۰/۳	۰/۵	۰/۱
آذر	۰/۷	۰/۳	۰/۵	۰/۱
دی	۰/۷	۰/۲	۰/۵	۰/۰۷
بهمن	۰/۷	۰/۲	۰/۵	۰/۰۷
اسفند	۰/۷	۰/۲	۰/۹	۰/۱۲

چهار روش در جدول (۱۱) مشاهده می‌شود. مقادیر نیاز خالص آبیاری در جدول (۱۲) به تفکیک زیرحوضه بیان شد. از عوامل مؤثر در ایجاد رواناب و سیل، نفوذپذیری است و نخستین اثر توسعه کالبد فیزیکی شهر، کاهش نفوذپذیری است، باید از هرگونه عملیات توسعه شهری و ساخت‌وسازها در حریم‌ها جلوگیری شود و با آزادسازی و تبدیل فضاهای اشغالی به فضاهای سبز و مهیا کردن شرایط نفوذ، جریان رواناب و سیل‌های ویرانگر را کاهش داد. میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در رواناب ایجادشده با مساحت آنها رابطه مستقیم ندارد، اگرچه در زیرحوضه یک مساحت بیشتری از منطقه مورد مطالعه را در برگرفته بود اما دلیل اصلی که تولید رواناب بیشتری در این زیرحوضه زیاد بودن شماره منحنی (CN) نسبت به زیرحوضه دو بود که منجر شد رواناب تولیدشده بیشتر از زیرحوضه دو باشد. هنگامی که مقدار شماره منحنی زیادتر باشد، قسمت بیشتری از بارش حوضه به رواناب تبدیل خواهد شد، در نتیجه زمان رسیدن رواناب به خروجی حوضه سریع‌تر خواهد بود که باعث می‌شود هیدروگراف حوضه تیزتر شود. چیداز و همکاران (۳)، در قسمتی از پژوهش خود با عنوان

ارزیابی مدل HEC-HMS به منظور برآورد هیدروگراف سیلاب در حوضه آبخیز کسلیان نیز به همین نتیجه رسیدند. از بررسی مقادیر CN به دست آمده و رواناب‌های حاصل در هر زیرحوضه می‌توان نتیجه گرفت که رواناب ایجادشده در سطح زیرحوضه‌ها با هیدروگراف‌ها رابطه مستقیم دارد. چون محدوده مورد مطالعه منطقه شهری بود، مقدار CN برای زیرحوضه‌های یک و دو به ترتیب ۹۵ و ۹۲ به دست آمد، در صورت از بین بردن فضای سبز منطقه این مقدار شماره منحنی به بالای ۹۷ خواهد رسید که نفوذ بسیار کاهش یافته و تقریباً کل بارش به رواناب تبدیل شده است و منجر به افزایش خطر سیلاب، آب‌گرفتگی معابر، هدررفت آب حاصل از بارش می‌شود؛ اما در صورت مدیریت صحیح و گسترش فضای سبز مقدار شماره منحنی کمتر از ۹۰ خواهد شد که در این صورت ریسک وقوع خطر سیلاب به مراتب کمتر خواهد شد. این موضوع خطر تغییر کاربری از فضای سبز و مرتع به مناطق مسکونی در نتیجه افزایش سیلاب را در پی دارد. پژوهش‌های هیملت (۱۰) و مهدوی (۱۸) این بحث را تأیید می‌کند. از آنجا که قسمت اعظم فضای سبز منطقه مطالعاتی در زیرحوضه

جدول ۱۰. نیاز آبی فضای سبز در هر ماه

ماه‌ها	دما حداقل (C°)	دما حداکثر (C°)	رطوبت (%)	باد (km/day)	ساعات روشنایی (h)	ET _o	K _c	ET _c
فروردین	-۰/۸	۳۳/۶	۵۷	۲	۱۰/۱	۳/۴۶	۰/۵	۵۱/۹
اردیبهشت	۱۱/۲	۴۰/۴	۳۹	۲	۱۰/۱	۴/۱۶	۰/۷۸	۹۷/۳۴
خرداد	۱۵/۲	۴۴/۲	۲۴	۲	۱۰/۱	۴/۳۳	۰/۸۴	۱۱۰/۰۲
تیر	۲۰/۶	۴۶	۲۴	۲	۶/۹	۳/۸۲	۰/۷۷	۸۸/۲
مرداد	۱۹/۲	۴۷/۲	۲۵	۲	۶/۹	۳/۶۹	۰/۷	۷۷/۴
شهریور	۱۴	۴۳/۶	۲۹	۱	۶/۹	۳/۰۹	۰/۷	۶۴/۸۹
مهر	۷/۶	۳۶/۸	۳۹	۲	۶/۲	۲/۱۸	۰/۱۸	۱۲/۳۶
آبان	۲/۸	۲۵/۴	۵۸	۲	۶/۲	۱/۳	۰/۱	۴/۱
آذر	۰/۸	۲۳	۶۸	۱	۶/۲	۰/۹۱	۰/۱	۲/۸۶
دی	-۰/۶	۱۸/۴	۷۰	۱	۹	۰/۹۹	۰/۰۷	۲/۰۷
بهمن	- ۱/۸	۲۴/۶	۶۶	۲	۹	۱/۵۹	۰/۰۷	۳/۳۳
اسفند	۳	۲۶/۲	۶۲	۲	۹	۲/۴۸	۰/۱۲	۹/۳۷

شهریور در نظر گرفته شود. با این حال نتایج حاصل از برآورد رواناب با استفاده از روش‌های SCS, USDA و روش ۸۰ درصدی نشان داد که جمع‌آوری رواناب حاصل از بارش می‌تواند نیاز آبی گیاهان را در پنج ماه گرم سال تأمین کند، اما در این میان روش قابل اطمینان، اندکی بیشتر از حجم آب ذخیره‌شده را برآورد کرد و با اختلاف بیشتری مقدار نیاز آبی گیاهان را تخمین زد. از یک طرف به علت اختلافی که با سایر روش‌ها دارد می‌توان گفت که روش دقیقی برای انتخاب نیاز خالص آبی گیاهان در منطقه نیست. این روش مقدار بارش مؤثر را کمتر در نظر می‌گیرد بنابراین حجم آب بیشتری را نسبت به سایر روش‌ها برآورد می‌کند، در نتیجه این کار ضریب اطمینان برای برنامه‌ریزی را بالا می‌برد و ریسک را کاهش می‌دهد، بنابراین بهتر است از بارش مؤثر در روش قابل اطمینان استفاده شود. در تأیید این بحث مجرد و نصیری (۲۳) برای برآورد بارش مؤثر حوضه بهترین روش بارش مؤثر را، قابل اطمینان اعلام کردند چون نتایج معقول‌تری نسبت به سایر روش‌ها می‌دهد. با در نظر گرفتن بارش مؤثر به دست آمده از روش قابل اطمینان بیشترین مقدار نیاز آبی گیاهان از میان روش‌های

یک قرار دارد، در صورت ایجاد مخزن ذخیره رواناب بهتر است که محل احداث مخزن نزدیک خروجی زیرحوضه یک و در نزدیک فضای سبز و پارک باشد تا هم دسترسی به آب مورد نیاز برای آبیاری منطقه آسان شود و هم هزینه‌های انتقال کاهش پیدا کند. در تأیید این مطلب دستورانی (۴)، بیان داشت که از هر کیلومتر مربع سطح یک آزادراه در منطقه‌ای با بارندگی متوسط سالانه کشور (۲۵۰ میلی‌متر) ۶۷۵۰ مترمکعب آب قابل جمع‌آوری است که حجم قابل توجهی است. مقدار آب قابل جمع‌آوری تنها از هر کیلومتر مربع سطح این آزادراه در یک واقعه بارش معمولی (۲۵ میلی‌متر) برابر با ۶۷۵ مترمکعب خواهد بود که قادر است سطحی بیش از ۴۵۰۰ مترمربع (با عمق آبیاری برابر ۱۵ سانتی‌متر) را آبیاری کند. لویسا و پولیگه (۲۷)، طی پژوهشی در شهر رم ایتالیا بیان داشتند استفاده از آب باران برای کشاورزی، نه تنها یک منبع بالقوه برای تأمین نیاز آبی است، بلکه از مخاطرات سیل در مناطق شهری نیز جلوگیری می‌کند. از آنجا که نیاز آبی گیاهان بیشتر در فصل‌های گرم سال است، تصمیم بر آن شد که مجموع مقدار نیاز گیاهان برای آبیاری در پنج ماه گرم سال یعنی اوایل اردیبهشت تا اواخر

جدول ۱۱. مقادیر بارش مؤثر در ماه‌های مختلف با استفاده از روش‌های مختلف

ماه‌ها	روش قابل اطمینان	روش درصدی	روش SCS	روش USDA
فروردین	۲۱/۲	۴۱/۶	۲۶/۳۴	۴۷/۶۷
اردیبهشت	-۱/۰۶	۱۱/۹۲	۱۲/۱۱	۱۴/۵۴
خرداد	-۹/۸۲	۰/۲۴	-۲/۸۸	۰/۲۹
تیر	-۹/۸	۰/۱۶	-۲/۴۰	۰/۱۹
مرداد	-۹/۹۴	۰/۰۸	-۲/۱۹	۰/۰۹
شهریور	-۹/۶۴	۰/۴۸	-۱/۵۰	۰/۵۹
مهر	۲/۴۲	۱۶/۵۶	۲/۲۷	۲۰/۰۱
آبان	۲۰/۹۶	۴۱/۲۸	۲/۰۶	۴۷/۳۳
آذر	۳۶/۳۸	۶۱/۸۴	۲/۲۰	۶۷/۷۳
دی	۳۶/۶۸	۶۲/۲۴	۱/۶۰	۶۸/۱۱
بهمن	۲۵/۸۸	۴۷/۸۴	۱/۹۶	۵۴/۰۷
اسفند	۳۸/۴۸	۶۴/۶۴	۷/۵۴	۷۰/۳۵

جدول ۱۲. نیاز خالص آبیاری با استفاده از چهار روش مختلف

حوضه‌ها	روش ۸۰ درصدی (m ^۳)	روش SCS (m ^۳)	روش USDA (m ^۳)	روش قابل اطمینان (m ^۳)
حوضه یک	۲۲۱۰۵۸	۲۲۶۱۳۰	۲۱۹۵۶۸	۲۴۸۷۳۲
حوضه دو	۱۷۰۰۰۴	۱۷۳۹۵	۱۶۸۹۰	۱۹۱۳۳
مجموع	۲۳۸۰۶۲	۲۴۳۵۲۵	۲۳۶۴۵۸	۲۶۷۸۶۵

فضای سبز منطقه به‌طور متوسط چهار روش به‌دست آمده تقریباً ۲۴۶۰۰۰ مترمکعب بود. بنابراین نتایج تأیید می‌کنند رواناب برآورد شده حاصل از بارش می‌تواند پنج ماه آبیاری در ماه‌های گرم سال (ابتدای اردیبهشت تا اواخر شهریور) فضای سبز منطقه را تأمین کند.

نتیجه‌گیری

برای ایجاد یک مدیریت صحیح شهری کنترل و استفاده بهینه از آب‌های سطحی ناشی از بارندگی، بایستی شناختی دقیق از فرایند پیچیده تولید و شکل‌گیری رواناب در محیط‌های شهری داشت تا بتوان یک مدیریت کارآمد شهری در افزایش کمی و کیفی کارکردهای اجتماعی و رفاهی برای بهبود

مورد بررسی در نظر گرفته شد، با این وجود رواناب برآورد شده از شبیه‌سازی بارش - رواناب و برآورد نیاز آبی گیاهان از روش قابل اطمینان آب مورد نیاز برای آبیاری فضای سبز منطقه را به مدت پنج ماه در منطقه را تأیید می‌کند. در روش‌های USDA و ۸۰ درصدی حدود شش ماه سرد سال یعنی اوایل پاییز تا اواخر زمستان بدون نیاز به هیچ‌گونه آبیاری برای گیاهان نشان دادند و روش قابل اطمینان پنج ماه سرد سال یعنی دو ماه آخر پاییز و سه ماه زمستان را بدون نیاز به هیچ‌گونه آبیاری نشان داد اما در روش SCS مقدار جزئی آبیاری حتی در فصل‌های سرد سال برای گیاهان به‌دست آورد.

مقدار رواناب برآورد شده توسط مدل برای مجموع دو حوضه ۲۶۶۰۰۰ مترمکعب بود و مقدار نیاز خالص آبیاری

شهر، به مناطق پست هدایت و برای مصارف کشاورزی و فضای سبز ذخیره و استفاده کرد. در نهایت با ذخیره رواناب ایجاد شده حاصل از بارش، از یک طرف هزینه آب برای آبیاری فضای سبز منطقه کاهش می‌یابد و کمبود آب برای آبیاری از بین می‌رود و از طرف دیگر این استفاده بهینه از رواناب سبب کاهش هزینه‌های ناشی از خطرات تخریب مناطق احداث شده در منطقه می‌شود. از این رو مهار رواناب سطحی و بهره‌برداری مناسب از آن می‌تواند راهکار مناسبی برای جلوگیری از هدر رفتن آب و تبدیل تهدیدها به فرصت‌ها باشد.

سیاسگزاری

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از زحمات جناب آقای دکتر جهانگیر عابدی کوپایی به سبب همکاری در انجام امور این پژوهش تقدیر و تشکر کنند.

زندگی شهری اعمال کرد. نتایج نشان داد که پتانسیل تولید رواناب و آبگرفتگی در حوضه‌های شهری بسیار زیاد است. در صورت طراحی مخزن برای ذخیره رواناب حاصل از بارش باید به دو جنبه اقتصادی و مدیریتی توجه داشت. طراحی مخزن باید به شکلی صورت گیرد که هزینه اقتصادی زیادی هم دربر نداشته باشد و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد. با تکیه به جنبه اقتصادی می‌توان ظرفیت مخزن را با توجه به رواناب حاصل از میانگین بارش روزانه طولانی مدت، ترسالی و خشکسالی در این ۲۷ سال را تعیین کرد. با توجه به نتایج به دست آمده حجم رواناب برآورد شده حاصل از بارندگی پاسخگویی نیاز آبی فضای سبز منطقه به مدت پنج ماه است. پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش در مناطق خشک و نیمه خشک، علاوه بر ایجاد سیلاب‌های مخرب، موجب هدر رفتن رواناب سطحی می‌شود، بنابراین می‌توان با احداث کانال‌های انحرافی، جریان آب را در فواصل مختلف در طول

منابع مورد استفاده

1. Alca'ntara-Ayala, I. 2002. Vulnerability and prevention of natural disaster in developing countries. *Geomorphology* 47: 107-124.
2. Arcement, G. and V. Schneider. 1989. Guide for selecting manning roughness coefficients for natural channels and flood plains, United States Geological Survey Water-supply Paper 2339.
3. Chidaz, A., M. Saravi. and M. Vafakhah. 2008. Evaluating the HEC-HMS model for estimating flood hydrograph in Kasilian basin. *Pajouhesh and Sazandegi* 84:71-59.
4. Dastorani, M. T. 2011. Investigation of water abstraction from roads and highways to create green space in arid and semi-arid regions. *In: Proceeding of the First National Conference on Rainwater Catchment Systems in Mashhad (In Farsi)*.
5. Dastorani, M. T., A. Abodolavand, M. Asareh, A. Talebi and A. Moghdamnia. 2012. Evaluating the use of some empirical time-focus relationships to estimate stream travel time. *Watershed Research* 2(26): 42-52. (In Farsi).
6. Developing Standards and Implementation Guidelines for Isfahan Green Space Irrigation Management. 2011. Isfahan University of Technology. First volume. (In Farsi).
7. Emadi, J. and M. Nasri. 2011. Influential Watershed Study and Urban Runoff and Floods in Farsan, *In: Proceeding of the 7th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering*. Isfahan University of Technology. (In Farsi).
8. Farshad, S., S. Soltani and A. Salajeghe. 2013. Selection of appropriate flood index using HEC-HMS rainfall-runoff model and GIS and RS techniques (Case Study: Jiroft Dam Basin). *Journal of Watershed Management Research* 4(8): 90-105. (In Farsi).
9. Farshi, A. A., M. S. Shariati and R. Jarolahi. 1995. Estimation of Water Requirement for Major Crops in Iran, Volume I, Tehran, Agricultural Organization Publications. (In Farsi).
10. Hjelmfelt, A. and M. Wang. 1999. Modeling hydrologic and water quality responses to grass waterways. *Journal of Hydrologic Engineering* 4(3): 251-256.
11. Karimi, M., G. Ghafari and M. azizian. 2011. Simulation of rainfall-runoff process using HEC-HMS model. *In: Proceeding of the 7th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering*, Isfahan University of Technology. (In Farsi).

12. Karimian Kaklaki, R. 2011. Urban hydrology, water resources management and current and future challenges. *In: Proceeding of the 7th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering*, Isfahan University of Technology.
13. Kolaian, A. S. and M. Gholami. 2012. Introduction to the text of setting the loading time of the Free Rice Institute in Ghaemshahr. *In: Proceeding of the 3rd National Conference on Comprehensive Water Management*, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Energy.
14. Lancaster, B. and J. Marshall. 2006. *Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond*, Vol. 1. White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing Company..
15. Li, X. Y., L. Liu, S. Gao, Y. Shi, P. X. Zou and C. Zhang. 2005. Micro catchment water harvesting for growing *Tamarix ramosissima* in the semiarid loess region of China. *Forest Ecology and Management* 1: 111-117.
16. Literathy, P. 1993. Considerations for the assessment of environmental consequences of the 1991 Gulf War. *Marine Pollution Bulletin* 27: 349-356.
17. Lupia, F. and G. Pulighe. 2015. Water use and urban agriculture: estimation and water saving scenarios for residential kitchen gardens. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4:50-58.
18. Mahdavi, M. 2005. *Applied Hydrology Volume 2*, University of Tehran Publications. (In Farsi).
19. Mahdavi, M. 2007. *Applied Hydrology*, publication of university of Tehran, 2:437. (In Farsi).
20. Maskey, Sh., V. Guinot and R. Price. 2004. Treatment of precipitation uncertainly rainfall-runoff modeling: A fuzzy set approach. *Advance in Water Resources* 27:889-898.
21. Mishra, A. and U. Sharma .2001. Traditional wisdom in range management for resource and environment conservation in north eastern region of India. *Himalayan Ecology and Sustainable Development* 91: 20-24.
22. Mogadamnia, A. 2000. Investigation of concentration time, delay time, and time to flood peak based on experimental methods and hydrograph analysis in two climatic areas. MSc. Thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University.
23. Mojarad, F. and Sh. Nasiri. 2005. Estimation of effective rainfall and water requirement for rice cultivation in Mazandaran plain. *Geographical Research* 54: 76-59. (In Farsi).
24. Nasri, M. and F. Soleimani Sardo. 2011. Speed simulation using HEC-HMS hydrological model. *In: Proceeding of the 7th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering*. Isfahan University of Technology. (In Farsi).
25. Nasri, M., A. Najafi, M. P. Pishgo, A. Amini and H. Nakhkub. 2011. Implementation of cities surface water collection, management and disposal plans for the purpose rainwater harvesting. (In Farsi).
26. Rashidi Mehrabadi, M. H. 2011. Evaluation of rainwater harvesting in residential buildings to meet the non-drinking needs of residents in hot and dry areas (Kerman province case study), *In: Proceeding of the 5th National Conference on Watershed Management and Water Resources Management*. Iran. (In Farsi).
27. Sangoni, H., A. Taghvaei and F. Solimani. 2011. Importance of runoff, its management and application in watershed management. *In: Proceeding of the 7th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering*, Isfahan University of Technology. (In Farsi).
28. Sharifi, S. and S. M. Hosseini. 2011. Methodology for identifying the best equations for estimating the time of concentration of watersheds in a particular region. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 137(11): 712-719. (In Farsi).
29. Tabatabai Yazdi, J., H. Tavakoli, A. Abbasi and M. Abbasi. 2009. Rainwater harvesting, prospect of optimal Urban runoff management (case study in Mashhad), *In: Proceeding of the Urban Watershed Conference*. Iran. (In Farsi).

Estimation of Urban Runoff to Supply for Irrigation of Green Space (A Case Study: Sarpol-e Zahab)

Sh. Mohammadi* and E. Karimian¹

(Received: June 22-2016; Accepted: January 2-2017)

Abstract

Nowadays, water supply for the sectors of household consumption, agriculture, green spaces and industry is currently one of the most important challenges for governments in many parts of the world, especially in arid and semi-arid climate regions such as Iran. The aim of this study was to simulate the amount of run-off from the daily precipitation for Sarpol-e Zahab city, for the purpose of estimating the required amount of water for the irrigation of the green spaces of the city. In this study. After providing information and using the Digital Elevation Model (DEM) map of city, all individual sub-basins of the basin were produced. All data related to creating and overlaying hydrologic, climatologic and physiographic layers were used according to the HEC-HMS hydrologic model. The run-off depth and flood volume of each sub-basin were obtained through the SCS method. Then the required amount of water for the green areas of Sarpol-e Zahab city was calculated. The efficient rainfall was estimated using four methods including SCS, 80 percentage, reliability, and USDA for each month, separately. Finally, the amount of needed water for the green area was obtained using these four mentioned methods. The results indicated that the role of curve number in the infiltration rate was more than other variants. Impermeability of urban basins and changes was created due to the growth and development of the city such as removal of vegetation, soil compaction, creation of the water collection and leading surface waters, decreasing the amount of water penetrating to soil significantly. The amount of surface water for sub-basins was estimated to be 266000 cubic meters. Besides, the results showed the amount of required water for 5 months of the year (from early May to September late) using four methods of SCS, 80percentage, reliability and USDA was equal to 243525, 238062, 267865 and 236458 cubic meters, respectively. The amount of the estimated runoff volume was 266,000 cubic meters. Regarding the area of green spaces in Sarpol-e Zahab city and its daily need of water, this volume of water could supply the required amount of water to irrigate the green area of the city for five months (From May to September).

Keywords: HEC-HMS, SCS, GIS, Collection of rain water, Urban runoff, CN

1. Department of Watershed Management, College of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: Shahin_mohamamadi70@yahoo.com