Archive of SID

مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵
ص ۵۰-۳۹

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۶

برآورد رواناب حوضه‌های شهری با استفاده از مدل URBS-UH (مطالعه موردی: شهر بهارستان)

❖ **زهره خورسندی کوهانستانی*؛** دانشجوی دکترای مهندسی آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

❖ **محمد مهدوی؛** استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

❖ **علی سلاجقه؛** استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

❖ **سعید اسلامیان؛** استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

چکیده

یکی از اساسی‌ترین مسائل در هیدرولوژی شهری کمی کردن پاسخ هیدرولوژیک حوضه در مقابل بارش باران است. با وجود اهمیت موضوع، اطلاعات بسیار کمی در دسترس است که بتوان با استفاده از آن داده‌های مورد نیاز را برای کمی کردن پاسخ هیدرولوژیک بدست آورد. در این مطالعه بانک اطلاعات شهری برای بخشی از شهر بهارستان در استان اصفهان تهیه گردید و با این اطلاعات هیدروگراف واحد شهری با استفاده از مدل URBS-UH برای دو زیرحوضه از شهر بهارستان برآورد شد. دبی اوج هیدروگراف واحد زیر حوضه یک ۰/۰۷۲۷ مترمکعب بر ثانیه و زیر حوضه دو ۰/۰۹۶ مترمکعب بر ثانیه برآورد گردید. هیدروگراف سیلاب تعدادی از رگبارهای رخداده در شهر بهارستان با استفاده از هیدروگراف واحد بدست آمده، تعیین شد. دبی اوج سیلاب این وقایع اندازه‌گیری شد، با استفاده از دبی‌های اوج اندازه‌گیری شده کارایی مدل مورد استفاده ارزیابی شد. ضریب نش– ساتکلیف برای زیر حوضه یک ۰/۸۹، و زیر حوضه دو ۰/۷۹ برآورد گردید. ضریب تعیین نیز برای زیر حوضه‌های یک و دو به‌ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۶۹ بدست آمد. نتایج بدست آمده حکایت از کارایی خوب تا بسیار خوب این مدل در محدوده مورد مطالعه داشت.

واژه‌های کلیدی: هیدرولوژی شهری، هیدروگراف واحد، مدل URBS-UH، شهر بهارستان

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۶۱۵۲۷۲۱۱۹۱
Email: khorsandi_zohre@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

طراحی و ایجاد زهکش‌های آب باران را می‌توان در نخستین تمدن‌های خاورمیانه مشاهده کرد. در آثار به جا مانده از شهرهای قدیمی کانال‌هایی برای جمع آوری رواناب و انتقال آنها به مناطقی خارج از شهر دیده می‌شود. سیلاب‌های شهری بجز ایجاد آبگرفتگی در سطح شهر و ایجاد اختلال در زندگی ساکنان عامل بسیار مهمی در انتقال آلودگی در سطح شهرها هستند، بنابراین جمع‌آوری و انتقال آنها به خارج از محدوده شهر حائز اهمیت است [۱]. برای جمع‌آوری رواناب‌ها به صورت مطلوب، مهمترین عامل ایجاد شبکه جمع آوری و انتقال رواناب مناسب در شهرهاست. برای ایجاد چنین شبکه‌ای باید ابعاد کانال‌ها به صورت دقیق تعیین شود که این امر نیز مستلزم برآورد صحیح میزان رواناب تولیدی در سطح شهر است. در دو دهه اخیر موضوع رواناب‌های شهری توسط محققان بسیاری مورد توجه قرار گرفته است.

در مطالعه‌ای از مدل‌های مفهومی هیدرولوژیک برای برآورد هیدروگراف واحد حوضه‌های شهری استفاده کردند. در این تحقیق ۲۰۰ واقعه بارش در حوضه‌های با میزان توسعه شهری متفاوت را مطالعه شد. از روابط رگرسیونی برای برقراری ارتباط بین پارامترهای هیدرولوژیک و برخی از ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیوگرافیک حوضه‌ها استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که می توان با برقراری روابط رگرسیونی بین ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیوگرافیک حوضه هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی را با دقت قابل قبولی مدل سازی کرد [۱۲].

برای مدل سازی هیدرولوژیکی یک حوضه شهری در لوئیزیانا به منظور مدیریت آن از سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره جستند. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی واحدهای پاسخ دهنده هیدرولوژیک را مشخص کردند و از اطلاعات مکانی واحدهای هیدرولوژیک برای ارتباط قطعات سیستم زهکشی و ایجاد مدل و مسیر حرکت استفاده کردند. آنان بارش مازاد را از روش شماره منحنی بدست آوردند و روندیابی سیلاب را با مدل موج سینماتیک استاندارد انجام دادند. نتایج حاصل نشان داد که استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی می تواند به میزان زیادی در مدیریت رواناب در مناطق شهری مفید باشد و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را در مدیریت رواناب شهرها پیشنهاد کردند [۳].

از توزیع سرعت حرکت رواناب برای مدلسازی هیدروگراف واحد در حوضه‌های شهری استفاده شده است. در مطالعه‌ای حوضه به قسمت‌های کوچکتری تفکیک می‌شود که هر بخش شامل تعدادی سلول است. هیدروگراف واحد برای هر منطقه کوچک تعیین می‌شود و پاسخ در خروجی حوضه به ازای بارش مازاد روی هر قسمت جمع می‌شود تا هیدروگراف واحد حوضه بدست آید. محققان استفاده از توزیع سرعت رواناب در حوضه‌های شهری را برای بررسی پاسخ حوضه‌ای شهری به بارش را پیشنهاد کردند [۸].

روش‌های مدل‌سازی و اصول تحلیل‌های سیلاب شهری در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. در یکی از این مطالعات محققان سیلاب‌های شهری را به عنوان یک جریان یک بعدی در نظر گرفتند و آن را شبیه سازی و به این ترتیب رواناب حوضه شهری مورد مطالعه را تعیین کردند [۷].

از مدل‌های توزیعی در بررسی پاسخ هیدرولوژیک حوضه‌های شهری استفاده می شود. در یک بررسی محققان یک مدل توزیعی هیدرولوژیکی (URBS-MO) را برای مناطق شهری پیشنهاد دادند و آن را در یک منطقه شهری بکار بردند. در مدل توزیعی هیدرولوژیکی ارائه شده از اطلاعات موجود در پایگاه داده‌های شهری استفاده کردند [۱۱].

البته مدل‌هایی که در ایران برای برآورد رواناب مورد استفاده قرار می‌گیرند برای شرایطی مشابه حوضه‌های شهری ایران تهیه نشده‌اند. با توجه به کمبود داده‌های

www.SID.ir

Archive of SID

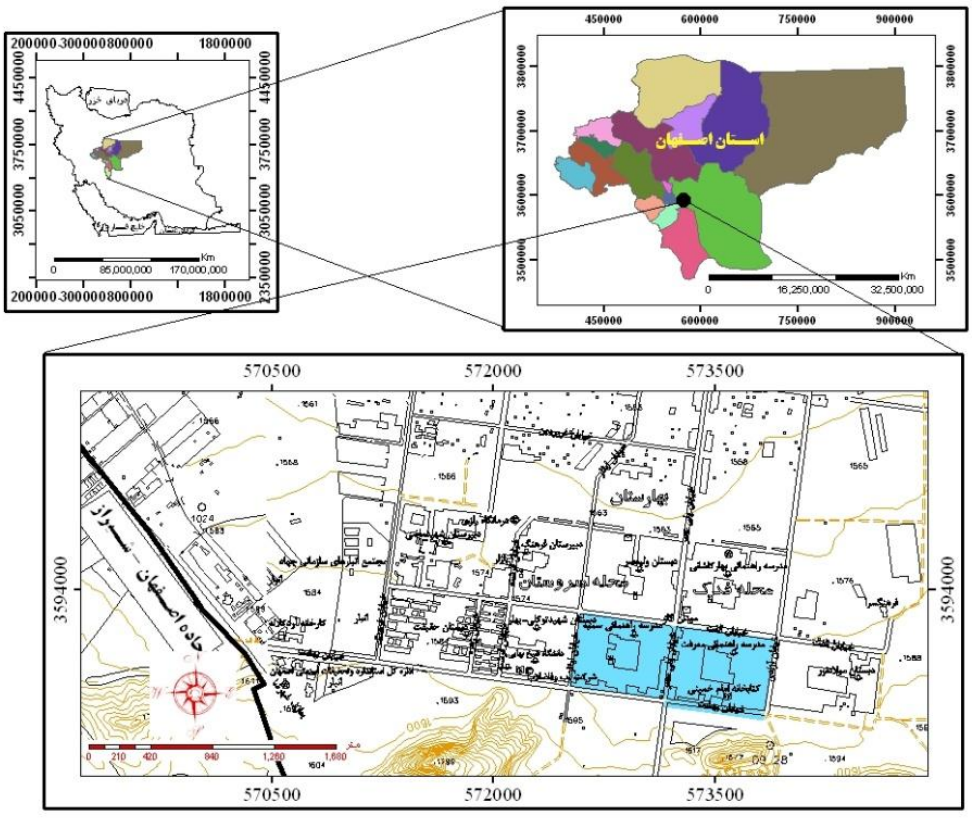
مشاهداتی در زمینه رواناب شهری کارایی و صحت این مدل‌ها کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است بیشتر مطالعات انجام شده در ایران به منظور برآورد رواناب حوضه‌های شهری بدون توجه به میزان کارایی و دقت مدل‌ها در منطقه مورد مطالعه از روش‌های استدلالی و روش SCS استفاده کرده‌اند [۵]. در سالیان اخیر چندین مطالعه با استفاده از نرم افزار SWMM نیز انجام شده است [۱۴] ولی هیچ یک از این مطالعات کارایی روش‌های مورد استفاده را بررسی نکرده اند.

در این مطالعه کارایی مدل URBS-UH با استفاده از داده‌های مشاهداتی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این مدل از اطلاعات مورفولوژیک شهر از جمله شیب و طول مسیر حرکت رواناب و همچنین نوع کاربری که در شهرها امکان بدست‌آوردن این اطلاعات وجود دارد استفاده می‌کند، بنابراین استفاده از این مدل نیاز به اطلاعاتی که اندازه‌گیری آنها دشوار است، ندارد.

۲. روش‌شناسی

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

شهر بهارستان در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب شهر اصفهان در حاشیه جاده ارتباطی اصفهان – شیراز قرار گرفته است (شکل ۱)؛ ارتفاع متوسط این شهر ۱۵۰۰ متر از سطح دریا می باشد. نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به شهر بهارستان ایستگاه سینوپتیک کبوترآباد است (مختصات ایستگاه ۵۱° و ۵۱´ ۳۱ و ۳۲° ارتفاع ۱۵۴۵ متر)؛ فاصله این ایستگاه تا محدوده مورد مطالعه حدود ۵ کیلومتر است. با توجه به آمار این ایستگاه (دوره آماری مورد مطالعه ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۸ است) محدوده مورد مطالعه دارای بارش متوسط سالانه ۱۲۴/۲ میلیمتر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۵/۲ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

۲.۲. روش تحقیق

در این مطالعه از مدل هیدروگراف واحد شهری URBS-UH برای برآورد هیدروگراف واحد حوضه شهری بهارستان استفاده می‌گردد.

۱.۲.۲. هیدروگراف واحد شهری URBS-UH

هیدروگراف واحد شهری URBS-UH در سال ۲۰۰۳ توسط رودریگز و همکاران[1] برای برآورد هیدروگراف واحد حوضه‌های شهری ارائه شد[۱۰]. این روش براساس توزیع زمان تمرکز پایه‌ریزی شده است و رواناب حاصل از پاسخ سریع حوضه‌های شهری را محاسبه می‌کند. سطوح تولید رواناب را به عنوان واحدهای هیدرولوژیک معرفی می‌کنند. هر واحد هیدرولوژیک به وسیله خیابان‌ها و مسیرهای زهکشی به خروجی حوضه مرتبط می‌شود. در هر واحد هیدرولوژیک تعدادی فضای نفوذپذیر و نفوذناپذیر وجود دارد. در این روش مرکز ثقل هر واحد هیدرولوژیک به نزدیک‌ترین مسیر زهکشی اعم از خیابان یا کانال زهکشی متصل می‌شود و این خط فرضی به عنوان مسیر زهکشی آن واحد هیدرولوژیک در نظر گرفته می‌شود.

برای محاسبه زمان تمرکز از معادله مانینگ استفاده شده است؛ به این ترتیب که با این معادله سرعت رواناب در مسیرهای زهکشی محاسبه می‌شود. سرعت حرکت رواناب به ضریب زبری مانینگ، ابعاد کانال و عمق رواناب موجود در کانال وابسته است. عمق رواناب موجود در کانال به‌شدت بارش بستگی دارد، به عبارت دیگر، عمق رواناب به دوره برگشت بارش مرتبط است.

برای محاسبه زمان تمرکز روابط زیر ارائه شده است که در آن ti زمان پیمایش در داخل هر واحد هیدرولوژیک است که برای محاسبه آن از روابط ساده شده موج سینماتیک استفاده شده است.

$$t_i = \frac{L_i}{V_i} \qquad (۱)$$

$$t_i = \frac{(Ln)^{0.6}}{n^{0.1}\, s^{0.3}\, i^{0.4}} \qquad (۲)$$

V_i سرعت حرکت آب در کانال‌ها است که از رابطه مانینگ برای برآورد آن استفاده شده است.

$$V_i = \frac{1}{n_i} R_i^{\frac{2}{3}} S_i^{\frac{1}{2}} \qquad (۳)$$

که n_j ضریب زبری مانینگ، R_i شعاع هیدرولیکی و S_i شیب مسیر است. R_i با توجه به میزان پرشدن کانال که به‌شدت و دوره برگشت بارش و زمان تمرکز حوضه مرتبط است، بدست می‌آید. برای محاسبه R_i به صورت سعی و خطا عمل می‌شود، به این ترتیب که با در نظر گرفتن یک مقدار فرضی برای زمان تمرکز حوضه، میزان شدت بارش با استفاده از منحنی‌های شدت مدت فراوانی تعیین می‌شود. سپس شعاع هیدرولیکی محاسبه می‌شود و با استفاده از شعاع هیدرولیکی، سرعت برآورد می‌گردد. با توجه به سرعت بدست آمده و طول مسیر، زمان پیمایش و در نهایت زمان تمرکز حوضه محاسبه می‌شود. این مراحل آنقدر تکرار می‌شود که زمان تمرکز فرضی و زمان تمرکز بدست آمده از محاسبات برابر شوند و بعد با استفاده از رابطه زیر هیدروگراف واحد حوضه را می‌توان بدست آورد.

$$H^k = \frac{1}{\sum_{i=1}^{ne} c_i a_i} \sum_{i=1}^{ne} c_i a_i h_i^k \qquad (۴)$$

که در آن a_i و C_i به ترتیب مساحت و نسبت مساحت سطوح نفوذناپذیر واحد هیدرولوژیک HE_i هستند، n_e تعداد واحدهای هیدرولوژیک، k مرحله زمانی و H^k مقدار هیدروگراف واحد ساختار درختی رواناب شهری در مرحله k است. اگر زمان پیمایش واحد i در محدوده $[(k-1)\Delta t, k\Delta t]$ باشد، تابع پاسخ به صورت مقابل

[1] -Rodriguez *et al.*

www.SID.ir

Archive of SID

خواهد بود $h_i^k = 1$ ، در غیر این صورت $h_i^k = 0$ است [۱۰].

۲.۲.۲. کاربرد مدل

پس از جمع‌آوری اطلاعات پایه شهر اقدام به حوضه‌بندی شهر گردید. آنگاه حوضه‌های مربوط به هر یک از کانال‌های زهکشی محدوده مورد مطالعه مشخص شد، سپس با استفاده از پیمایش‌های زمینی مرز این حوضه‌ها تدقیق گردید. البته رواناب بخش‌های دیگر وارد این دو زیر حوضه نمی شوند و روانابی که در کانال‌های انتقال رواناب این دو زیرحوضه جریان می‌یابند در سطح این دو زیر حوضه تولید می‌شوند.

کاربری‌های موجود در زیر حوضه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (ماهواره IRS سال ۲۰۰۹) و بررسی‌های زمینی به طور کامل مشخص شد. در این تحقیق نوع کاربری از نظر میزان نفوذپذیری اهمیت زیادی دارد، از این‌رو انواع کاربری به طبقات مسکونی/ تجاری، بایر، فضای سبز، خیابان و پیاده رو تفکیک شده است. با استفاده از نرم‌افزارهای Arc GIS و Auto CAD کاربری بخش‌های مختلف در نقشه‌های پایه موجود اصلاح گردید.

با استفاده از پیمایش‌های زمینی مسیر حرکت آب در واحدهای هیدرولوژیک مشخص گردید. برای افزایش دقت در تعیین جهت حرکت آب خیابان‌ها و کوچه‌ها با استفاده از دوربین نقشه برداری ترازیابی شد. به‌منظور ترسیم مسیر حرکت رواناب در داخل هر یک از واحدهای هیدرولوژیک مرکز سطح واحدهای هیدرولوژیک به کمک نرم‌افزار Arc GIS مشخص شد. با توجه به اینکه رواناب واحد وارد کدام مسیر زهکشی می‌شود کوتاه‌ترین فاصله بین مرکز سطح و مسیر مورد نظر به عنوان مسیر فرضی حرکت رواناب واحد هیدرولوژیک در نظرگرفته شد[۱۰]. با مشخص شدن مسیر حرکت رواناب در واحدهای هیدرولوژیک، شبکه هیدروگرافی فرضی در زیر حوضه‌ها ترسیم گردید. به این ترتیب امکان اندازه‌گیری پارامترهایی نظیر شیب، طول و بررسی جنس مسیر زهکشی در کل محدوده مورد مطالعه فراهم شد. با توجه به نوع کاربری ضریب رواناب هر واحد هیدرولوژیک تعیین شد و بعد با استفاده از مدل URBS-UH هیدروگراف واحد برآورد گردید.

بعد از برآورد هیدروگراف واحد، هیدروگراف سیل تعدادی از وقایع که دبی اوج سیلاب آنها اندازه گیری شده است، تهیه شد. سپس با توجه به دبی اوج حاصل از هیدروگراف‌های برآورد شده و دبی اوج سیلاب اندازه‌گیری شده در منطقه کارایی مدل ارزیابی شد.

برای بررسی کارایی مدل‌ها، معیارهای متعددی پیشنهاد شده است. از بین معیارهای ارائه شده چند معیار در مسائل هیدرولوژی بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است، از جمله این معیارها می‌توان به ضریب کارایی نش- ساتکلیف و ضریب تعیین اشاره کرد که در این تحقیق و مطالعات متعدد دیگر [۴، ۶، ۹ و ۱۳] مورد استفاده قرار گرفتند.

ضریب نش و ساتکلیف توسط نش و ساتکلیف (۱۹۷۰) به عنوان حداقل جمع مربع اختلاف مطلق بین مقادیر مشاهده‌شده و پیش‌بینی شده توسط مدل با استفاده از واریانس آنها در دوره مورد بررسی، ارائه گردید. این معیار از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2} \qquad (۵)$$

دامنه E بین یک تا $-\infty$ است. مقادیر نزدیک یک نشان دهنده این است که هماهنگی و نزدیکی بالایی بین مقادیر مشاهده شده و داده‌هایی که توسط مدل تولید شده، وجود دارد.

ضریب تعیین، مربع ضریب همبستگی است که بر اساس روش براوایس-پیرسون به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$r^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \bar{P})^2}} \right)^2 \qquad (۶)$$

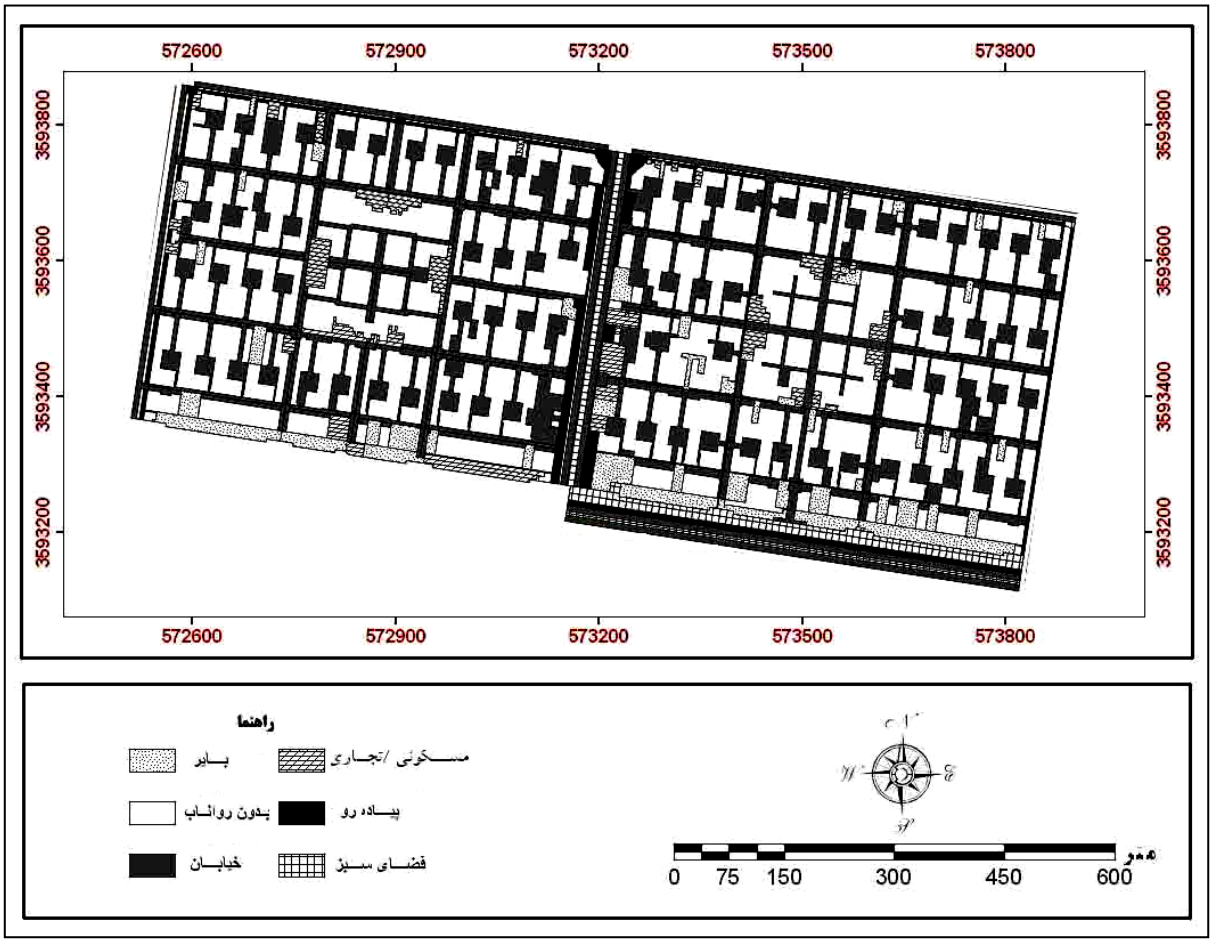
www.SID.ir

Archive of SID

که در آن O مقادیر مشاهده شده و P مقادیر پیش‌بینی شده است. دامنه r^2 بین صفر تا یک است و نشان دهنده این نکته است که پراکندگی داده‌های مشاهده شده چقدر قابل پیش‌بینی با مدل است. عدد صفر به معنی عدم ارتباط بین دو سری داده است و عدد یک به منزله تشابه پراکنش داده‌های پیش‌بینی شده با مشاهده شده است.

۳. نتایج

در روش URBS-UH مهمترین عامل تأثیرگذار بر شکل هیدروگراف واحد زمان تمرکز است. از این‌رو تعیین دقیق پارامترهای تأثیرگذار بر آن بسیار با اهمیت است. پارامترهای مورد نیاز شامل ضریب رواناب، مساحت، طول مسیر حرکت رواناب، شیب و ضریب زبری می‌باشد. برای تعیین مساحت واحدها، تعیین مرکز سطح و اندازه گیری طول مسیر از نرم‌افزار Arc GIS و برای تعیین شیب مسیرها و تعیین جهت حرکت رواناب از نقشه‌برداری کمک گرفته شده است. در شکل ۲ واحدهای هیدرولوژیک موجود در محدوده مورد مطالعه و نوع کاربری غالب آنها ارائه شده است. لازم به توضیح است رواناب برخی از واحدهای کاری وارد شبکه جمع‌آوری رواناب نمی‌شود که این مناطق با عنوان واحدهای بدون رواناب در شکل ۲ مشخص شده اند.

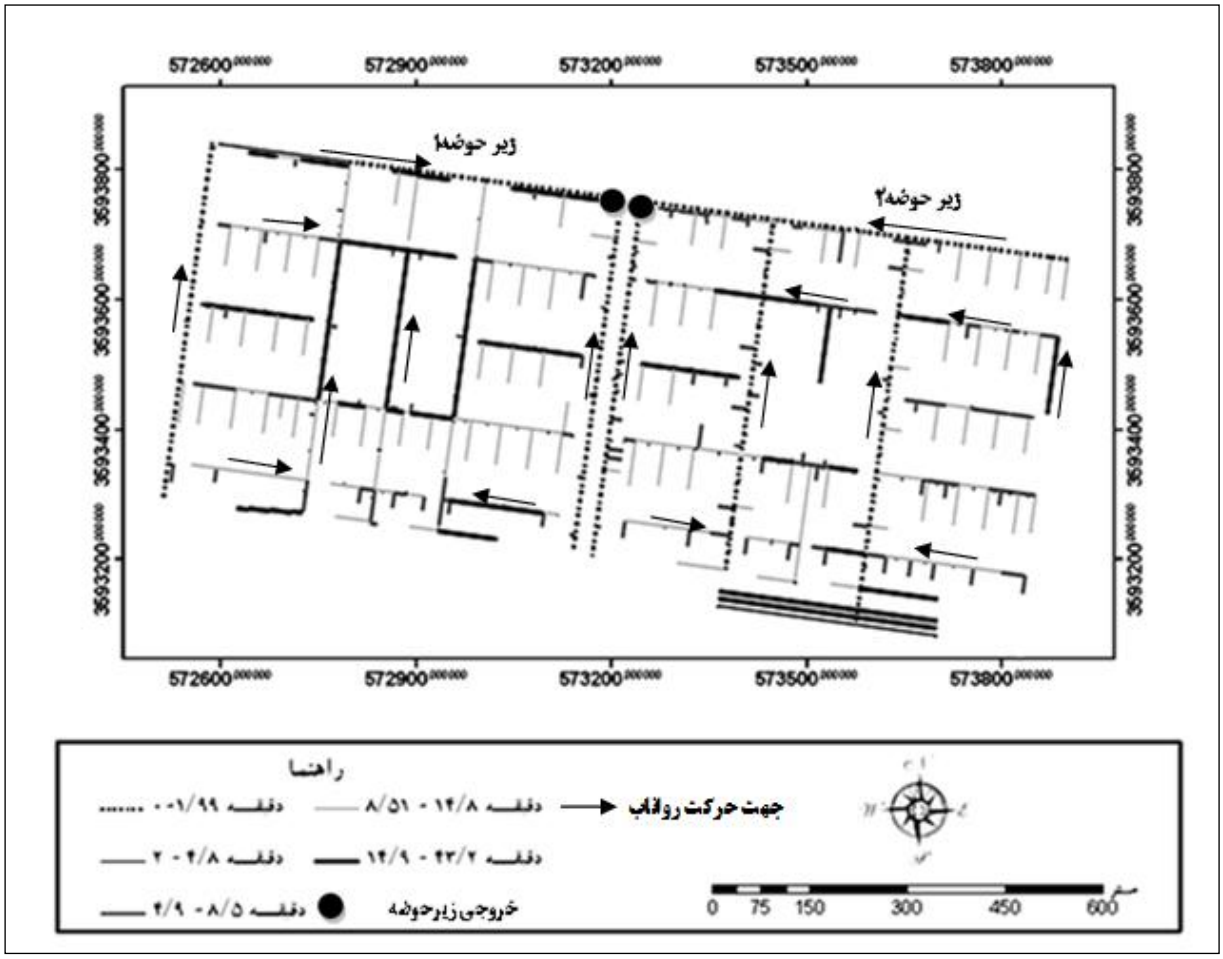


شکل ۲. کاربری واحدهای هیدرولوژیک تفکیک شده در محدوده مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

بعد از مشخص شدن زمان پیمایش در بخش‌های مختلف، حوضه زمان تمرکز زیر حوضه‌ها محاسبه گردید. زمان تمرکز زیرحوضه یک ۱۱۷ و زیر حوضه دو ۱۰۰ دقیقه است. شدت بارش متناسب با تداوم بارش مساوی با زمان تمرکز زیر حوضه‌ها، از روی منحنی شدت مدت فراوانی ایستگاه کبوترآباد تعیین شد. شکل ۳ نقشه زمان پیمایش واحدهای مختلف را نشان می‌دهد.



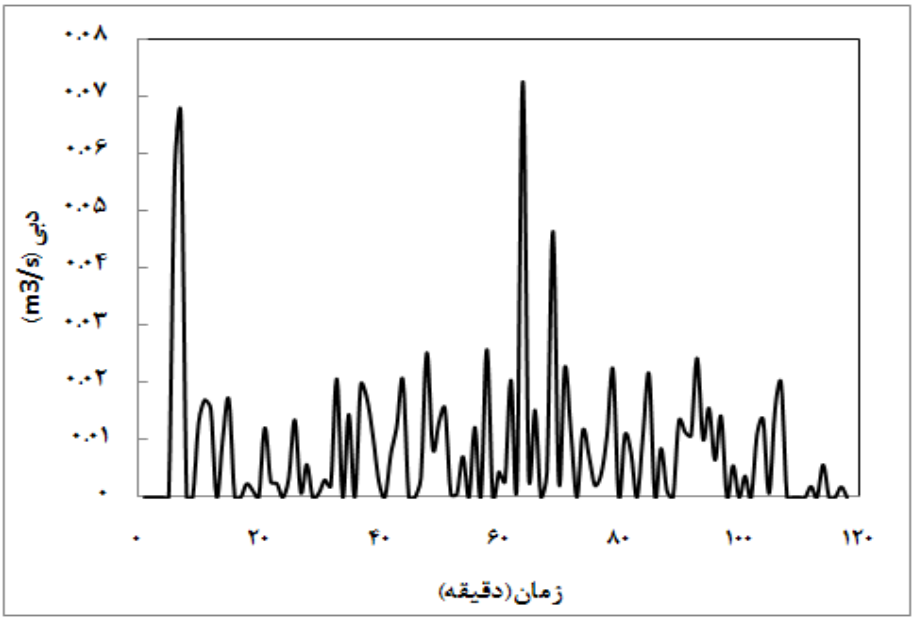
شکل ۳. زمان پیمایش در مسیرهای زهکشی

با توجه به روابط ارائه شده در بخش قبل، هیدروگراف‌های واحد بدست آمد. شکل ۴ و ۵ هیدروگراف واحد بدست‌آمده برای زیر حوضه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

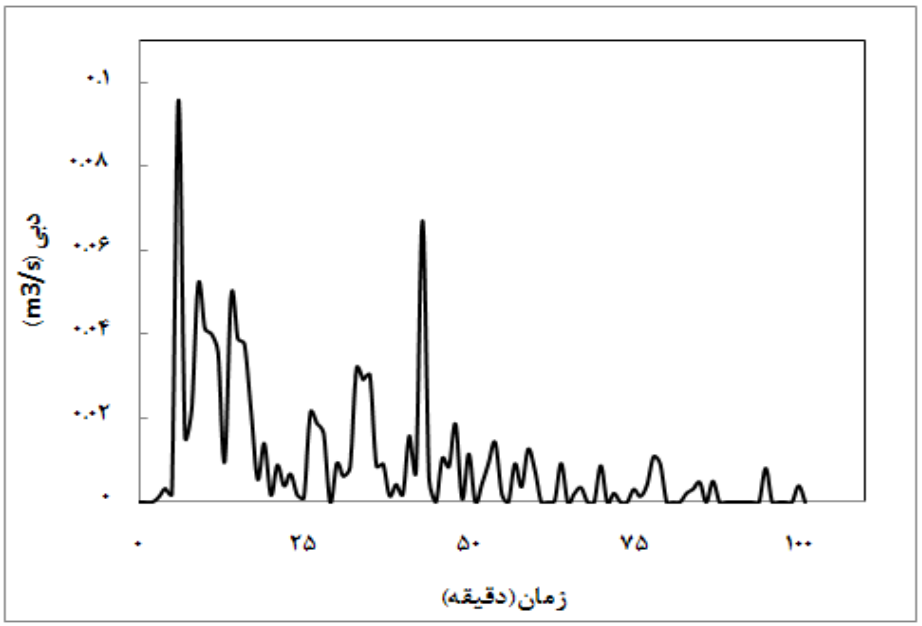
در ایستگاه سینوپتیک کبوترآباد در مدت مطالعه (زمستان ۱۳۸۷ تا تابستان ۱۳۸۹) ۲۰ واقعه با توجه به روش SCS بارش مازاد تولید کرده‌اند. با توجه به مشکلات موجود برای اندازه‌گیری، دبی اوج زیر حوضه‌ها در ۱۱ واقعه بارش اندازه‌گیری شد. جدول ۱ دبی اوج هیدروگراف‌های سیل اندازه‌گیری شده و جدول ۲ دبی اوج برآورد شده آن وقایع را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. هیدروگراف واحد زیر حوضه ۱



شکل ۵. هیدروگراف واحد زیر حوضه ۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مقادیر دبی اوج اندازه‌گیری شده در زیر حوضه‌های مورد مطالعه (برحسب m^3/s)

تاریخ واقعه	زیر حوضه	
	۱	۲
۲۰۰۹/۲/۲۴	۰/۰۲۶	۰/۰۳۷
۲۰۰۹/۲/۲۸	۰/۰۸۸	۰/۰۶۱
۲۰۰۹/۳/۳۰	۰/۰۲۸	۰/۰۸۲
۲۰۰۹/۲/۳۱	۰/۰۸۸	۰/۱۴۴
۲۰۰۹/۵/۱	۰/۰۳۳	۰/۰۳۷
۲۰۰۹/۹/۲۱	۰/۰۲۸	۰/۰۵۲
۲۰۰۹/۱۱/۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷
۲۰۰۹/۱۱/۲۸	۰/۰۸۲	۰/۱۲۱
۲۰۰۹/۱۲/۷	۰/۰۱۵	۰/۰۲۵
۲۰۱۰/۲/۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷
۲۰۱۰/۳/۲۷	۰/۲۳۹	۰/۲۷

جدول ۲. دبی اوج برآورد شده در وقایع مختلف (بر حسب (m^3/s))

تاریخ واقعه	زیر حوضه	
	۱	۲
۲۰۰۹/۲/۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵
۲۰۰۹/۲/۲۸	۰/۰۵۸	۰/۰۶۶
۲۰۰۹/۳/۳۰	۰/۰۰۹	۰/۰۱۴
۲۰۰۹/۲/۳۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳۳
۲۰۰۹/۵/۱	۰/۰۱۷	۰/۰۲۹
۲۰۰۹/۹/۲۱	۰/۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۲۳
۲۰۰۹/۱۱/۳	۰/۰۴۴	۰/۰۳۱
۲۰۰۹/۱۱/۲۸	۰/۰۲۲	۰/۰۲۰
۲۰۰۹/۱۲/۷	۰/۰۴۲	۰/۰۶۴
۲۰۱۰/۲/۵	۰/۰۷۳	۰/۱۰۵
۲۰۱۰/۳/۲۷	۰/۲۹۴	۰/۳۹۵

کارایی مدل

برای بررسی کارایی مدل از معیارهای نش – ساتکلیف و ضریب همبستگی استفاده شده است. برای طبقه‌بندی میزان کارایی مدل‌ها محققان طبقه‌بندی زیر (جدول ۳) را ارائه کردند[۴]:

جدول ۳. طبقه‌بندی میزان کارایی مدل

شاخص کارایی	عالی	خیلی خوب	خوب	ضعیف	خیلی ضعیف
ضریب نش-ساتکلیف	>۰/۸۵	۰/۶۵-۰/۸۵	۰/۵۰-۰/۶۵	۰/۲۰-۰/۵۰	<۰/۲۰

www.SID.ir

Archive of SID

در طی مطالعه‌ای محققان بر اساس نتایج تحقیقات قبلی چهار طبقه برای میزان کارایی مدل‌ها بر اساس ضریب نش و ضریب همبستگی ارائه کردند که این طبقه بندی در جدول ۴ آورده شده است[۹].

جدول ۴. کارایی مدل‌ها بر اساس ضریب نش و ضریب همبستگی

ضریب همبستگی	ضریب نش-ساتکلیف	کارایی
>۰/۹۵	>۰/۹	خیلی خوب
۰/۸۵-۰/۹۵	۰/۸-۰/۹	خوب
۰/۷۵-۰/۸۵	۰/۷-۰/۸	متوسط
<۰/۷۵	<۰/۷	ضعیف

همانطور که در جدول ۵ آمده است میزان شاخص نش- ساتکلیف در زیر حوضه‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۷۲ و ضریب تعیین آنها ۰/۸۲ و ۰/۶۹ بدست آمده است.

جدول ۵. مقادیر معیارهای کارایی نش- ساتکلیف و ضریب تعیین

معیار / زیر حوضه	نش- ساتکلیف	ضریب تعیین
۱	۰/۸۸۹	۰/۸۲
۲	۰/۷۲	۰/۶۹
کل	۰/۷۳	۰/۷۲

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در مناطق شهری سطوح نفوذناپذیر بسیار بیشتر از حوضه‌های طبیعی است، همچنین دارای آبراهه‌های مصنوعی فراوانی است، که نتیجه آن افزایش حجم رواناب و سرعت جریان است که می‌تواند منجر به وقوع سیل و تخریب مناطق مسکونی گردد.

در مناطق شهری، جریان سطحی از سطوحی مانند چمن، پیاده‌رو، جاده و پشت بام شروع می‌شود تا زمانی که آب به مجرایی مانند کانال یا جوی آب می‌رسد، سپس جریان به شکل جریان مجرایی حرکت می‌کند. نتایج این مطالعه نشان داد که رواناب در بیشتر مسیرها دارای سرعتی کمتر از ۰/۱۸ متر بر ثانیه است. با توجه با محدود بودن تعداد کانال‌های انتقال رواناب و حرکت رواناب به صورت جریان روزمینی این مسئله منطقی به نظر می‌رسد. سرعت در کانال‌ها بیش از ۰/۱۸ متر بر ثانیه است. علت زیاد بودن سرعت حرکت رواناب در کانال‌ها کم بودن ضریب زبری و شیب نسبتاً زیاد برخی از کانال‌هاست.

در مطالعات انجام شده توسط محققان مختلف نیز به اهمیت کانال‌ها اشاره شده است[۱۰]، به نحوی که در این مطالعه سرعت انتقال رواناب در کانال‌ها تا ۵ برابر سرعت انتقال رواناب در جریان روزمینی بدست آمده است.

با توجه به سرعت حرکت رواناب و طول مسیرها زمان پیمایش در بازه‌های مختلف مسیرهای حرکت رواناب محاسبه گردید. زمان پیمایش بین صفر تا ۴۴ دقیقه متغیر است. بیشتر مسیرها دارای زمان پیمایشی کمتر از ۵ دقیقه می‌باشد. زمان پیمایش در خیابان‌ها و مسیرهای فاقد کانال انتقال رواناب بسیار بیشتر از

www.SID.ir

Archive of SID

کانال‌هاست.

بررسی‌های انجام شده در یک مطالعه نشان داد که زمان پیمایش بخش‌هایی که درون کانال‌های انتقال رواناب قرار دارند ۸ تا ۱۰ برابر کمتر از زمان پیمایش بخش‌هایی است که در خارج از کانال‌ها قرار گرفته‌اند [۲]. البته محققان دیگر نیز در مطالعات خود به نتایج مشابهی رسیده بودند [۱۰ و ۸].

با توجه به زمان پیمایش، زمان تمرکز هر یک از زیر حوضه‌ها بدست آمد. زمان تمرکز در زیر حوضه یک برابر ۱۱۷ دقیقه و در زیر حوضه ۲ برابر ۱۰۰ دقیقه است. زیر حوضه یک فاقد کانال انتقال رواناب در داخل حوضه است (با عنایت به اینکه طول مسیر حرکت رواناب هر دو زیرحوضه مشابه است)، به همین دلیل سرعت انتقال رواناب آن کمتر از زیر حوضه ۲ است و دارای زمان تمرکز بیشتری نسبت به زیر حوضه ۲ می‌باشد.

با توجه به این مسئله که مساحت هر دو زیر حوضه تقریباً مشابه است، دبی اوج هیدروگراف واحد زیر حوضه یک ۰/۰۷۲۷m^3/s و زیر حوضه دو ۰/۰۹۶ m^3/s بدست آمد. علت تفاوت میان دبی اوج دو زیر حوضه را می‌توان به تعداد کانال‌های زهکشی آنها نسبت داد. به دلیل وجود دو کانال جنوبی- شمالی در وسط زیر حوضه ۲ رواناب واحدهای هیدرولوژیک با سرعت بیشتری به خروجی منتقل می‌شوند، در حالی که سرعت انتقال رواناب در زیر حوضه ۱ به دلیل عدم وجود کانال زهکشی در داخل زیر حوضه بسیار کمتر است و رواناب‌های تولیدی در بخش‌های جنوبی حوضه در طی مدت زمان بیشتری به خروجی می‌رسند.

ضریب نش –ساتکلیف برای زیر حوضه یک ۰/۸۹، زیر حوضه دو ۰/۷۹ و برای هر دو زیر حوضه ۰/۷۳ برآورد شد. ضریب تعیین نیز برای زیر حوضه‌های یک و دو و هر دو زیرحوضه به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۶۹ و ۰/۷۲ بدست آمد. با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده توسط محققان [۴ و۹] مدل مورد استفاده از نظر کارایی در طبقه خیلی خوب تا خوب است.

در تعیین هیدروگراف واحد با استفاده از مدل URBS-UH وجود پایگاه داده‌های شهری بسیار مهم است، از این‌رو در شهرهایی که چنین اطلاعاتی وجود داشته باشد با صرف وقت و هزینه کم می توان هیدروگراف واحد را برای دوره‌های برگشت مختلف بدست آورد؛ بنابراین با توجه به کارایی مناسب مدل می‌توان از این مدل برای طراحی شبکه‌های انتقال رواناب در مناطقی که از شرایط مشابه محدوده مورد مطالعه باشند، استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1] Akan , A. O. (2003). *urban hydrology, hydraulics and storm water quality*. john willy & sons press.

[2] Girons, J., Niemann, J. D., Roesner, L. A., Rodriguez, F. and Andrieu, H. (2009). A morpho-climatic instantaneous unit hydrograph model for urban catchments based on the kinematic wave approximation. *Journal of Hydrology*, 377 (2009) 317–334.

[3] Greene, R. G. and Cruise, JF. (1995). Urban watershed modeling using GIS. *Journal of Water Resources*, Planning and Management, 121(4), 318-325.

[4] Henriksen, H. J., Troldborg, L., Nyegaard, P., Obel Sonnenborg, T., Refsgaard, J. C. and Madsen, B. (2003). Methodology for construction, calibration and validation of a national hydrological model for Denmark. *Journal of Hydrology*, 280, 52–71.

[5] Janfshan, B., Talaei, A. and Mehrabani, M.M. (2006). Determination of surface runoff in design of sewage network using SCS., *1th conference and exhibitation of environmental engineering*, Tehran, Iran.

[6] Krause, P., Boyle, D. P. and Base, F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5, 89–97.

[7] Mark, O., Weesakul, S., Apirumanekul, C., Aroonnet, S.B. and Djordjevic, S. (2004). Potential and limitations of 1D modelling of urban flooding. *Journal of Hydrology*, 299, 284–299.

[8] Maidment, D. R., Olivera, F., Calver, A., Eatherall, A. and Fraczek, W. (1996). Unit Hydrograph Derived From A Spatially Distributed Velocity Field. *Hydrological Processes*, 10, 831-844.

[9] Moussa, R., Chahinian, a. and Bocquillon, C. (2007). Distributed hydrological modelling of a Mediterranean mountainous catchment –Model construction and multi-site validation. *Journal of Hydrology*, 337, 35– 51.

[10] Rodriguez, F., Andrieu, H. and Creutin J-D. (2003). Surface runoff in urban catchments: morphological identification of unit hydrographs from urban databanks. *Journal of Hydrology*, 283, 146–168.

[11] Rodriguez, F., Andrieu, H. and Morena, F. (2008). A distributed hydrological model for urbanized areas – Model development and application to case studies. *Journal of Hydrology*, 351,3–4, 268–287.

[12] Rao, N.S.L., Delleur, J.W. and Sarma, B.S.P. (1972). Conceptual hydrologic models for urbanizing basins. *Journal of the Hydraulics Division*, ASCE 98, 1205–1220.

[13] Safari, A., De Smedt, F. and Moreda, F., (2012). WetSpa model application in the Distributed Model Inter comparison Project (DMIP2). *Journal of Hydrology*, 418-419, 78-89.

[14] Sharifan, R. A., Roshan, A. and Oji, M. M. (2009). Application of SWMM model in design and evaluation network of sewage collection and disposal of surface runoff. *7 the conference of hydraulic Iran*, Tehran, Iran.

www.SID.ir