



شماره ۱۱۴، بهار ۱۳۹۶

پژوهش‌های آب‌نخرداری

(پژوهش و سازندگی)

تجزیه و تحلیل حساسیت پارامترهای ورودی مدل مدیریت رواناب شهری SWMM (مطالعه‌ی موردی: شهر ماهدشت)

علی شهبازی*

(نویسنده مسئول) دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران

شهرام خلیقی سیگارودی

دانشیار دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران

آرش ملکیان

دانشیار دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران

علی سلاجقه

استاد دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

* Corresponding Email: ali.shahbazi65@yahoo.com

چکیده

در طی چند دهه‌ی گذشته با توجه به رشد سریع جمعیت و توسعه‌ی شهری، رواناب شهری افزایش یافته و منجر به مشکلات محیط زیستی مختلفی از جمله آب‌گرفتگی معابر سطح شهر، انتشار آلودگی‌های زیست محیطی و خطرات ناشی از گسترش سیلاب شده است. تحلیل حساسیت روشی است برای نشان دادن این که کدام یک از پارامترها ورودی مدل تأثیر بیشتری بر نتایج اعمال می‌کند. هدف از تحقیق تعیین پارامترهای مهم ورودی مدل SWMM و اطمینان از عملکرد مدل در شهر ماهدشت است. به این ترتیب که از مقدار اولیه برآورد شده ۱۰ پارامتر درصد مناطق نفوذناپذیر، شیب، عرض معادل، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر، زمان تمرکز، شماره منحنی (CN)، ارتفاع ذخیره در مناطق نفوذناپذیر و نفوذپذیر و درصد مناطق نفوذناپذیر بدون ذخیره‌ی سطحی، به مقدار ۱۵ و ۳۰ درصد افزایش و کاهش داده شد و آب‌دهی اوج حاصل از این تغییرات به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد حساس‌ترین پارامتر مربوط به درصد اراضی نفوذناپذیر و کم‌حساس‌ترین پارامتر مربوط به ارتفاع ذخیره‌ی مناطق نفوذپذیر است. برای فرایند واسنجی و اعتبارسنجی مدل رواناب متناظر با سه واقعه‌ی بارندگی در خروجی حوضه اندازه‌گیری و با رواناب شبیه‌سازی شده به وسیله‌ی مدل مقایسه گردید. نتایج نشان داد که انطباق خوبی بین آب‌دهی و عمق رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای وجود دارد. بنابراین می‌توان از این مدل برای پیش‌بینی خطر آب‌گرفتگی، طراحی و اولویت‌بندی مناطق برای رفع مشکل آب‌گرفتگی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: رواناب شهری، تحلیل حساسیت، واسنجی، اعتبارسنجی، مدل SWMM، مناطق نفوذپذیر

Sensitivity analysis of input parameters of SWMM model to urban runoff management (A Case study: Mahdasht town)

- **Ali Shahbazi**

(Corresponding Author), Faculty of Natural Resources, Tehran University

- **Sharam Khalighi Sigarodi**

Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University

- **Arash Malekian**

Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University

- **Ali Salajegh**

Full Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University

Abstract

During the past decades due to population growth and urbanization, urban runoff has increased and led to different environmental problems such as inundation risk, release of environmental pollutants and risks of flooding. Sensitivity analysis is used to determine the important input parameters which caused runoff.

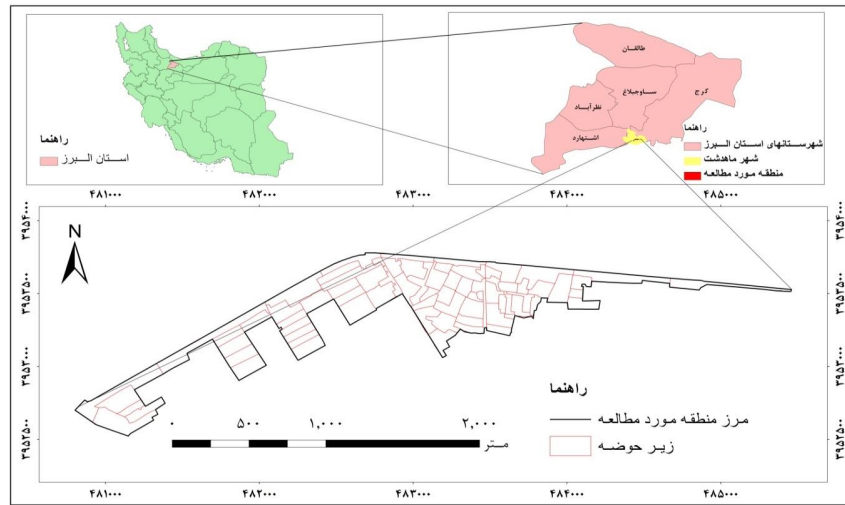
Basically, the aim of this study was to determine the important input parameters of the SWMM model and the reliability of this model's performance in the Mahdasht town. Therefore, 10 parameters including percentage of impervious area, slope, width, N-Manning for impervious area, time of concentration, curve number, N-Manning for pervious area, depth of depression storage on impervious area, depth of depression storage on pervious area and percent of impervious area with no depression storage reduction, the first account of the above-mentioned parameters was increased and decreased 15 and 30 percent and flood peak discharge was selected as the dependent variable. For calibration and validation of the model, corresponding to three event rainfall runoff measured at the output of the basin and was compared with runoff simulated by the model. The results showed there is good agreement between simulated and observed runoff discharge and depth. So this model can be used to predict the inundation risk, design and prioritization area to fix the inundation problem.

Keywords: Urban runoff, sensitivity analysis, calibration, validation, SWMM model, pervious area

مقدمه

مقدار خطاهای طراحی افزایش می‌یابد. برای کاهش این خطا نیاز به طراحی دقیق‌تر شبکه می‌باشد. محققین در طول سال‌های اخیر سعی داشته‌اند که رابطه هر چه دقیق‌تری بین بارش و رواناب ناشی از آن برقرار نمایند. در همین راستا مدل‌های مربوط به آب‌شناسی مختلفی ارائه شده است. مدل SWMM یکی از مدل‌هایی است که دقت قابل قبولی دارد و طی چند سال اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Ahmadian, 2012; Moafi, 2012). مدل SWMM یا مدل مدیریت رواناب سطحی یک مدل پویا شبیه‌سازی بارش رواناب بوده و می‌تواند برای یک واقعه و یا بصورت مداوم کیفیت و کمیت رواناب را برای مناطق شهری شبیه‌سازی نماید (Gironas et al, 2010).

شهرسازی و توسعه شهرها و تبدیل مناطق بایر به اراضی شهری امکان و فرصت نفوذ آب باران به درون زمین را به شدت کاهش می‌دهد و در نتیجه رواناب با حجم و سرعت بیشتر به سمت جوی‌ها و آبره‌ها سرازیر می‌گردد (Dongquan et al, 2009; Cunderlik and Simonovic, 2004). بارندگی‌های با شدت زیاد، کاهش نفوذپذیری به دلیل توسعه مناطق شهری و همچنین وجود سامانه‌های جمع‌آوری رواناب با عمر بالا، از دلایل عمده وقوع سیلاب در مناطق شهری می‌باشد (Radmehr, 2010). در طراحی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی با افزایش و وسیع‌تر شدن شبکه



شکل ۱- مشخصات جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

روش تحقیق

به منظور شبیه‌سازی بارش - رواناب از مدل SWMM استفاده شد. تعیین مرز حوزه و زیر حوضه‌ها با استفاده از نقشه‌های پستی و بلندی ۱:۲۰۰۰، نقشه‌های شهری (شامل خیابان‌های پهن و دارای درختکاری، فضای سبز و ...)، بازدیدهای میدانی و نیز با توجه به شیب و نحوه حرکت آب و خروجی مربوط به هر زیر حوزه انجام شده است. برای محاسبه عرض معادل از روش عرض مستطیل معادل استفاده شده است. برای تعیین ضریب زبری جریان روی سطوح نفوذپذیر، نفوذناپذیر و آبگذرها و همچنین تعیین ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر و نفوذپذیر از راهنمای مدل و جداول کمکی استفاده شده است. به منظور تعیین میزان نفوذ روش حفاظت خاک آمریکا (SCS) به کار برده شده است. اطلاعات مربوط به آبگذرها (شکل، بیشینه عمق و طول آبگذر)، اطلاعات اتصالات (رقوم کف آبگذر در محل اتصال، بیشینه عمق اتصال)، اطلاعات چاه‌ها (ارتفاع، شکل و پهنای دهانه ورودی) و در نهایت اطلاعات مربوط به خروجی‌های که شامل رقوم کف گره خروجی می‌باشد از طریق بازدیدهای میدانی انجام شده است. همچنین اطلاعات مربوط به مساحت، محیط، شیب و طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه که در بخش‌های مختلفی از مدل استفاده شده به وسیله نرم افزار GIS استخراج گردیده است. برای مشخص کردن بارندگی طرح لازم است در ابتدا زمان تمرکز مشخص

گردد، برای محاسبه زمان تمرکز از روش صحرائیمبتنیبرانداز هگیریزمانپیمایش‌آب‌آس تفادهازجسم شناوراستفاده‌شد (Mahdavi, ۲۰۰۸). پس از محاسبه زمان تمرکز با استفاده از منحنی‌های شدت-مدت - فراوانی مقدار بارش تجمعی محاسبه گردید در نهایت با استفاده از روش بلوک متناوب نمودار همپاران‌های رگبار در دوره بازگشت ۲۰ ساله در زمان تمرکز به عنوان ورودی به مدل تهیه شد.

در این مطالعه برای انجام تحلیل حساسیت متغیرهای ورودی مدل SWMM، از روش تحلیل حساسیت جزئی (مطلق) استفاده شد (RostamiKhalaj, ۲۰۱۲). از بین پارامترهای موجود ۱۰ پارامتر، درصد مناطق نفوذناپذیر، شیب، عرض معادل، شماره منحنی (CN) ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر و درصد مناطق نفوذناپذیر بدون ذخیره سطحی انتخاب شد. از بین نتایج مختلف این نرم‌افزار، آبدهی اوج سیلاب که مؤثرترین پارامتر برآورد سیلاب است، به عنوان متغیر وابسته برای بررسی انتخاب شد. با توجه به دامنه تغییرات قابل قبول (جدول ۱) و همچنین با توجه به این که پارامترهای مورد بررسی به تغییرات کم به میزان بسیار ناچیز عکس‌العمل نشان می‌دهند، به همین دلیل افزایش و کاهش ۱۵ و ۳۰ درصدی پارامترهای منتخب و تأثیر آن‌ها بر آبدهی اوج سیلاب خروجی حوزه‌ی مورد بررسی قرار گرفت. بعد از مشخص شدن پارامترهای حساس و تأثیرگذار از آن‌ها برای واسنجی مدل

جدول ۱- مقادیر اولیه و دامنه تغییرات قابل قبول متغیرهای مدل SWMM

منبع	دامنه تغییرات مجاز	مقادیر اولیه	متغیر
Temprano et al (2006)	±۳۰	-	درصد مناطق نفوذناپذیر
Temprano et al (2006)	±۳۰	-	شیب (/.)
Temprano et al (2006)	±۳۰	-	عرض معادل (متر)
Huber and Dickinson (1992)	۰/۰۱۱-۰/۰۳۳	۰/۰۱۳	N- نفوذناپذیر
Huber and Dickinson (1992)	۰/۰۲-۰/۸	۰/۰۵	N- نفوذپذیر
Huber and Dickinson (1992)	۰/۳-۲/۵	۱/۷۷۸	ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر (mm)
Tsihrintzis and Hamid (1998)	۲/۵-۵/۱	۳/۸۱	ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر (mm)
Huber and Dickinson (1992)	۵-۲۰	۱۶	درصد مناطق نفوذناپذیر بدون ذخیره سطحی

استفاده گردید.

دهنه‌ی بالا بودن دقت شبیه‌سازی است (Santhi et al, ۲۰۰۱). همچنین هر چه مقدار مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) کوچک‌تر باشد، تفاوت داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده کمتر بوده و دقت پیش‌بینی مدل بیشتر خواهد بود.

نتایج

برای انجام تحلیل حساسیت، از بارش طراحی دو ساعته (با توجه به زمان تمرکز اندازه‌گیری شده که دو ساعت است) با دوره بازگشت ۲۰ سال استفاده شد (RostamiKhalaj, ۲۰۱۱). مقادیر متوسط پارامترهای استفاده شده در مدل SWMM برای منطقه مورد مطالعه مطابق جدول (۲) می‌باشد. نتایج حاصل از انجام تحلیل حساسیت در شکل‌های (۳ و ۲) نشان داده شده‌است. همانطور که از روی شکل‌ها مشخص است پارامترها از حساس‌ترین تا کم حساس‌ترین به ترتیب شامل درصد اراضی نفوذناپذیر، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، عرض معادل، زمان تمرکز، شماره منحنی (CN)، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، شیب زیرحوضه، درصد مناطق بدون ذخیره سطحی، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذپذیر است. با افزایش میزان پارامترهای درصد اراضی نفوذناپذیر، عرض معادل، شماره منحنی، شیب زیرحوضه، درصد مناطق بدون ذخیره سطحی میزان آبدی اوج افزایش یافته یعنی این پارامترها با آبدی اوج رابطه مستقیم دارند. در صورتی که پارامترهای ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر و ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذپذیر، با آبدی اوج رابطه معکوس دارند یعنی با کاهش آنها، آبدی اوج افزایش می‌یابد. به عنوان مثال با افزایش و

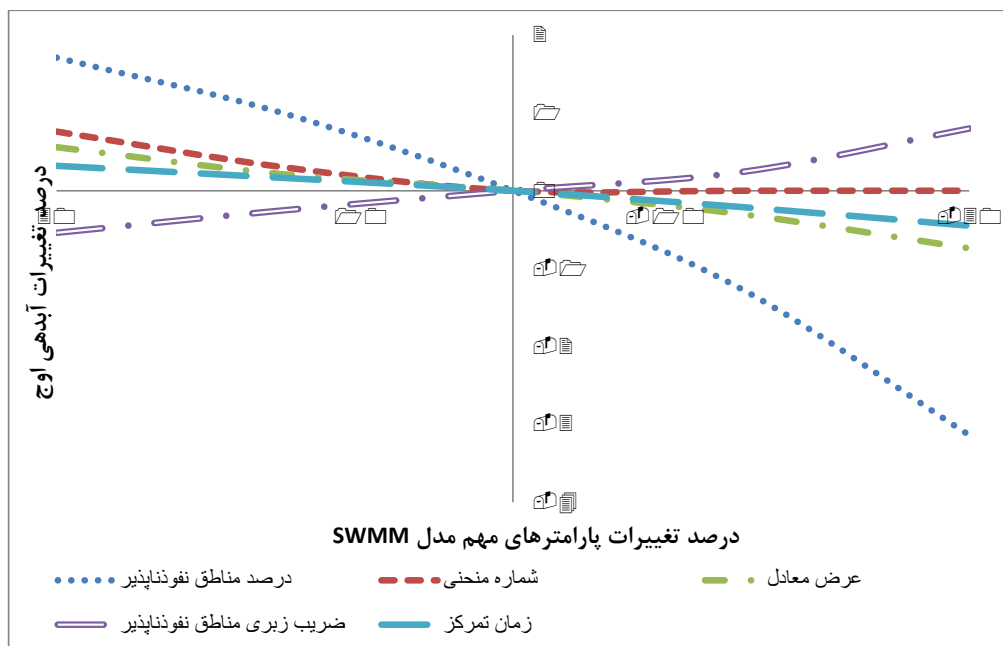
در این مطالعه تنها از سه واقعه نمونه برداری صورت گرفت که دو مورد برای واسنجی و یک مورد برای اعتبار سنجی مدل استفاده شد. از رایج‌ترین روابط ریاضی که در اکثر مطالعات مربوط به آب‌شناسی شهری از آن‌ها استفاده می‌شود عوامل ضریب ناش-ساتکیف (NS) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) می‌باشد (Dongquan et al, ۲۰۰۹). در این مطالعه نیز از این دو معیار برای بررسی صحت واسنجی و اعتبار سنجی مدل استفاده گردید.

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim} - Q_{obs})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{av})^2} \quad (1)$$

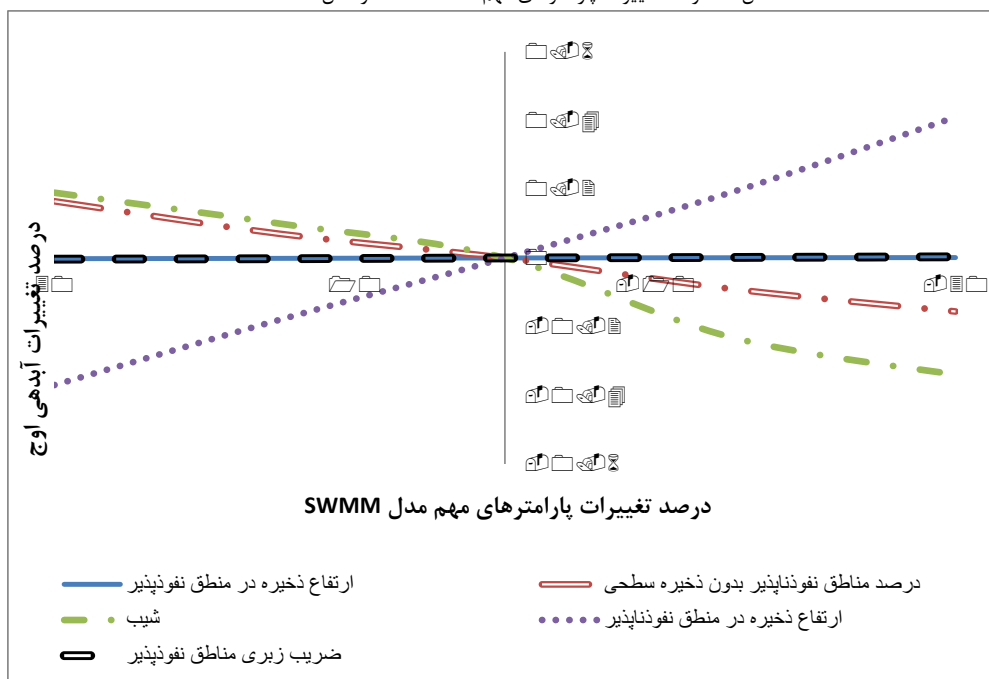
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{sim} - Q_{obs})^2}$$

در اینجا Qsim آبدی شبیه‌سازی شده و Qobs آبدی مشاهده‌ای در زمان ام، Qav میانگین آبدی مشاهده‌ای و n تعداد داده‌ها می‌باشد. مقدار NS می‌تواند مثبت یا منفی باشد بهترین حالت زمانی است که مقدار آن برابر یک باشد. در صورتی که مقدار NS مثبت باشد نشان دهنده این است که داده‌های شبیه‌سازی شده بهتر از میانگین داده‌های مشاهده‌ای است و در صورتی که منفی باشد نشان می‌دهد که خروجی مدل با ماهیت سامانه متناظر نیست (Sourisseau et al, ۲۰۰۷, Arabi et al, ۲۰۰۷). پایین‌ترین مقدار قابل قبول NS، ۰/۵ است و هرچه که مقدار NS نزدیک به یک باشد نشان

کاهش ۳۰ درصدی مناطق نفوذناپذیر آبدهی اوج ۱/۷۱ درصد افزایش و ۳/۱۴ درصد کاهش می‌یابد. در صورتی که با افزایش و کاهش ۳۰ درصدی ضریب زبری مانینگ مناطق نفوذناپذیر آبدهی اوج ۰/۵۴ درصد کاهش و ۰/۸ درصد افزایش می‌یابد. نتایج آماری حاصل از فرآیند واسنجی مدل SWMM در جدول (۳) و نتایج حاصل از اعتبار سنجی مدل در جدول (۴) ارائه شده اند.



شکل ۲- درصد تغییرات پارامترهای مهم استفاده شده در مدل SWMM



شکل ۳- درصد تغییرات پارامترهای مهم استفاده شده در مدل SWMM

نتیجه گیری

با انجام تحلیل حساسیت مشخص می شود چقدر مقادیر خروجی مدل به وسیله تغییرات در مقادیر ورودی مدل تحت تأثیر قرار می گیرند. به عبارت دیگر تحلیل حساسیت روشی است برای نشان دادن اینکه کدام یک از پارامترها تأثیر بیشتری بر نتایج اعمال می کند، از این رو با توجه به نتایج به دست آمده مشخص است از بین ۱۰ پارامتر استفاده شده به ترتیب بیشترین تأثیر را درصد مناطق نفوذناپذیر دارد بعد از این پارامتر ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذپذیر و عرض معادل در رتبه بعدی قرار دارند که مطابق با یافته های (Moafi و Fallah Tafti, Dalir, ۲۰۰۵)، (۲۰۰۹)، (۲۰۱۲) و Rostami Khalaj می باشد. با توجه به اینکه حوزه های شهر بیراساسیناز، به هدنبال تغییر در کاربری اراضی حوضه های طبیعی وجود می آیند در نتیجه باعث افزایش درصد نفوذناپذیری و کاهش ضریب زبری می شوند از طرفی با توجه به اینکه در مناطق شهری رواناب دو ردیف خانه ای که مشرف به کوچه هستند به آن وارد می شوند، در نتیجه کوچه و خانه های مشرف به آن به عنوان یک زیر حوزه در نظر گرفته می شوند و همان طور که مشخص است در اکثر مناطق طول کوچه ها به مراتب خیلی بیشتر از عرض آنها است که سبب می گردد عرض معادل کاهش یابد که نتیجه اش افزایش رواناب و سیلاب خواهد بود. (Ahmadian, ۲۰۱۲) نیز با استفاده از مدل SWMM در منطقه هشتگرد جدید از بین هشت پارامتر (درصد اراضی نفوذناپذیر، ضریب زبری مانینگ مناطق نفوذناپذیر، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذپذیر، عرض معادل، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر، شیب زیرحوزه و درصد مناطق بدون ذخیره سطحی)، بیان داشتند که، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، عرض معادل، شیب زیرحوزه و درصد مناطق نفوذناپذیر به ترتیب بیشترین تأثیر را در تغییر آبدهی اوج داشته اند. در صورتی که در مطالعه حاضر همانطور که بیان گردید ترتیب حساسیت پارامترها متفاوت است و همچنین شیب جزء پارامتر کم حساس محسوب می شوند این نتیجه را می توان به ویژگی های فیزیکی دو منطقه مورد مطالعه نسبت داد.

به طور کلی می توان چنین بیان کرد، از آنجا که بخش قابل توجهی از شهر ماهدشت به وسیله سطوح نفوذناپذیر اشغال شده است و مناطق نفوذپذیر بخش کمی از زیر حوضه ها را شامل می شوند در نتیجه تأثیر گذاری مناطق نفوذپذیر و عامل های مربوط به آن از جمله ضریب زبری و ارتفاع ذخیره نیز کمتر خواهد بود. با توجه به شکل (۲) با زیاد کردن شماره منحنی (CN) آبدهی اوج افزایش یافته ولی با کم کردن آن هیچ گونه تأثیری بر آبدهی اوج نداشته که علت آن مربوط است به کم بودن مناطق نفوذپذیر زیرا با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از منطقه اراضی نفوذناپذیر است در نتیجه با اضافه کردن CN بنحوی می توان گفت به میزان این سطوح افزوده شده که سبب بالا رفتن آبدهی می شود و تغییرت حاصل از آن قابل مشاهده است، ولی در صورتی که از میزان CN کم می کنیم به دو دلیل اولی به خاطر اینکه مقدار CN بسیار پایین می آید به عنوان مثال در حالتی که ما ۳۰ درصد از مقدار اولیه کم می کنیم متوسط CN حوزه حدود ۵۹ درصد می شود و امکان دارد مدل برای CN های پایین دارای حساسیت نباشد دومی به دلیل کم بودن سطوح نفوذناپذیر است یعنی ما هر چقدر هم CN را کم کنیم چون سطوح نفوذپذیر

کم است تأثیری چندانی بر آبدهی نخواهد داشت.

نتایج حاصل از واسنجی مدل نشان داد که شبیه سازی آبدهی و عمق و سرعت رواناب در دو واقعه بررسی شده انطباق خوبی دارد که مقدار NS برای واقعه دوم و سوم به ترتیب بیشتر از ۰/۵ می باشد. نتایج ارزیابی مدل SWMM کارایی و دقت مدل را تأیید کرد و در مورد هر سه هم تغییر ارزیابی شده (آبدهی، عمق رواناب و سرعت رواناب) مقدار NS بالاتر از ۰/۵ اندازه گیری شد. همچنین مقادیر RMSE برای عمق، سرعت و آبدهی رواناب در فرآیند ارزیابی به ترتیب ۰/۰۴۶، ۰/۲۴۳ و ۰/۰۳۷ بدست آمده است، که نشان دهنده نتایج قابل قبول مدل است. در نتیجه می توان گفت انطباق خوبی بین رواناب شبیه سازی شده و مشاهده های وجود دارد و این می تواند نشان دهنده این باشد که مدل SWMM دقت مورد نیاز برای شبیه سازی رواناب شهری را دارد و می توان از این مدل برای طرح های مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه زهکشی رواناب شهری در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود که با یافته های Phillips et al (۲۰۰۵) و Zoppou (۲۰۰۱) نیز مطابقت دارد.

رشد سریع شهرسازی و شهرنشینی، و تخریب هر چه بیشتر بسترهای طبیعی موجب کاهش نفوذپذیری خاک در مناطق مسکونی و شهری شده است که این مسئله مشکلاتی از جمله آب گرفتگی معابر سطح شهر، انتشار آلودگی های زیست محیطی، افزایش رواناب و ایجاد سیلاب را به همراه داشته است.

شهر ماهدشت نیز از این قائده مستثنی نبوده است، به طوری که در طی دو، سه دهه گذشته از روستایی کوچک به شهری بزرگ با ویژگی های منحصر به خود مبدل شده است. گسترش محدوده شهر ماهدشت طبعاً بر وسعت اراضی شهری نفوذناپذیر افزوده که تشدید سیل گیری، کاهش تغذیه طبیعی آبخوان و افزایش حجم رواناب های شهری را به دنبال داشته است که با یافته های Sharifan et al (۲۰۱۰) و Malekinejad and Ekrami (۲۰۱۰) مطابقت دارد. موارد بیان شده در صورت عدم مدیریت و به کارگرفتن روش های مناسب و اصولی می تواند در آینده نه چندان دور به خطر بزرگی و حادثه زار تبدیل گردد.

منابع

- 1- Ahmadian, M. 2012. Urban runoff discussion to reduce risks using SWMM model (Case study: New Hashtgerd Town). MSc thesis. University of Science and Research. 150 pp.
- 2- Arabi, M., Govindaraju, R.S. and Hantush, M.M. 2007. A probabilistic approach for analysis of uncertainty in the evaluation of watershed management practice. J. Hydrol 333, 459–471 pp.
- 3- Avrand, R. Turabipodh, H. and Frzayy, A. 2006. Sensitivity Analysis of HEC-1 model input parameters. Seventh International Conference on River Engineering. University of Chamran Ahvaz 12pp.
- 4- Cibin, R., Sudheer, K. P. and Chaubey, I. 2010.

- Various aspects of urban and non-urban hydrology. The National Conference on Urban flood management. 9 pp.
- 15- Moafi, A. 2012. Optimal design of flood-based translation watershed characteristics (case study: Tehran flooding back West). MSc thesis. University of Tehran. 128 pp.
- 16- Phillips, B.C., Yu, S., Thompson, G.R. and Silva, N. 2005. 1D and 2D Modelling of urban drainage systems using XP-SWMM and TUFLOW. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen, Denmark, 21-26 August, 8 pp.
- 17- Radmehr, A. 2010. Optimal management of urban surface runoff using spatial multi-criteria decision. MSc. Thesis. University of Tehran.
- 18- Rosso, R. 1994. An introduction to spatially distributed modelling of basin response. In Advances in Distributed Hydrology, Rosso R Peano A Becchi I, Bemporad GA (Eds), Water Resources Publications: Fort Collins; 3–30 pp.
- 19- RostamiKhalaj, M. 2011. Urban flood risk zoning using hydrological and hydraulic models integration. (Case study: Zone 2, City of Mashhad). MSc thesis. University of Tehran. 127 pp.
- 20- Rostami Khalaj, M., Mahdavi, M., Khaliqi Sigarodi, Sh., Salajegheh, A. 2012. Sensitivity analysis of variables affecting on urban flooding using SWMM mode. Journal of Watershed Management. 3 (5), 81-91pp.
- 21- Saltelli A., Scott E.M., Chan K. and Marian S., 2000, Sensitivity Analysis. JohnWiley & Sons: Chichester
- 22- Santhi, C., Arnold, J.G., Williams, J.R., Dugas, W.A., Srinivasan, R. and Hauck, L.M. 2001. Validation of the SWAT model on a large river basin with point and nonpoint sources. J Am Water ResourAssoc 37, 1169–1188 pp.
- 23- Sharifan, R.A., Roshan, A., Aflatoni, M., Jahedi, A and Zolghadr, M. 2010. Uncertainty and sensitivity analysis of SWMM model in computation of manhole water depth and subcatchment peak flood. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2: 7739-7740
- Sensitivity and identifiability of stream flow generation parameters of the SWAT model, Journal of Hydrological processes, 24: 1133-1148 pp.
- 5- Cunderlik, J. and Simonovic, P. 2004 . Assessment of water resources risk and vulnerability to changig climatic condition, university of western Ontario, project report IV.
- 6- Dalir, A. 2009. Simulation performance combined sewage during rain MIKE SWMM model and Arc view (case study portion of the sewage network in Mashhad). Water Development. MSc. Thesis. University of Ferdowsi Mashhad. 195 pp.
- 7- Dongquan, Z., Jining, C., Haozheng, W., Qingyuan, T., Shangbing, C. and Zheng, S., 2009. GIS-based urban rainfall-runoff modeling using an automatic catchment-discretization approach, (case study in Macau). Environ Earth Sci, 59, 465–472 pp.
- 8- Du, J.K., Xie, S.P., Xu, Y.P., Xu, C.Y. and Singh, V.P. 2007. Development and testing of a simple physically-based distributed rainfall-runoff model for storm runoff simulation in humid forested basins. J Hydrol 306, 334–346 pp.
- 9- FallahTafti, A. 2005. Simulated surface runoff drainage area Mashhad Water and electricity using fusion model MIKE SWMM and GIS. Water Development. MSc. Thesis. University of Ferdowsi Mashhad.
- 10- Gironas, J., Roesner, L.A. Rossman L.A and Davis, j. 2010. A new app lications manual for the Storm Water Management Model (SWMM). Environmental Modelling and Software 25: 813-814 pp.
- 11- Hsu, M.H., Chen, S.H. and Chang, T.J. 2000. Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system. Journal of Hydrology 234, 21–37 pp.
- 12- Huber, WC. and. Dickinson, RE. 1992. Storm water management model user’s manual, version 4. Environmental Protection Agency, Georgia.
- 13- Mahdavi, M. 2008. Applied hydrology, 5ed Edition, Vol 1, University of Tehran press, 418pp.
- 14- Malekinejad, H and Ekrami, M. 2010.

- and Tejero, I. 2006. Storm water quality calibration by SWMM: a case study in Northern Spain. *Water SA*, 32(1): 55-63 pp.
27. Tsihrintzis, V and Hamid, R. 1998. Runoff quality prediction from small urban catchments using SWMM. *Hydrol Process*, 12(2): 311-329 pp.
- 28- Zoppou, C. 2001. Review of urban storm water models. *Environmental Modelling & Software* 16, 195-231 pp.
- pp.
- 24- Shiran, M. 2007. Hslsytosomevariables affecting thegeomorphologicalmapofflood routinginfloodar-easidentifiedKarunmodelHEC-HMS. MSc. Thesis. University of TarbiatMoalem.
- 25- Sourisseau, S.A., Bassier, S.F. and Perie, T. 2007. Calibration, validation and sensitivity analysis of an ecosystem model applied to artificial streams. *Water Res.*
- 26- Temprano, J., Arango, O., Cagiao, J., Suarez, J