Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال پانزدهم- شماره ۵۲- بهار ۱۴۰۰

Vol. 15, No. 52, Spring 2021

تعیین نقاط احتمالی آبگرفتگی شبکه زهکشی شهر فولادشهر در سیلاب شهری

زهرا ابراهیم زاده[۱]،آرش ملکیان[۲]، محسن محسنی ساروی[۳] و رفعت زارع بیدکی[۴]

تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش ۱۳۹۹/۰۹/۰۸

چکیده

امروزه بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند، افزایش تغییر کاربری اراضی موجب افزایش اراضی نفوذناپذیر می‌شود، که امکان و نفوذ فرصت آب باران به درون زمین را به شدت کاهش می‌دهد. در این تحقیق، شهر فولادشهر استان اصفهان به عنوان منطقه مورد مطالعه جهت تعیین نقاط احتمالی آبگرفتگی انتخاب گردید. برای محاسبه زمان تمرکز از مطالعات پیشین و روش‌های تجربی استفاده شد. از مدل SWMM برای مشخص کردن نقاط حساس به آبگرفتگی استفاده گردید و مدل برای دوره بازگشت‌های مختلف اجرا گردید. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد برای دوره بازگشت ۲۵ سال کانال-های ۲، ۱۶، ۱۷، ۲۵ و ۳۱ حساس به آبگرفتگی هستند. جهت واسنجی و اعتبارسنجی مدل ۳ واقعه بارندگی در تاریخ‌های ۱۳۹۸/۱۱/۲۰، ۱۳۹۸/۱۲/۱ و ۱۳۹۹/۲/۱۱ اندازه‌گیری گردید در این وقایع عمق، دبی و سرعت اندازه‌گیری شد و با نتایج مدل مقایسه گردید. در فرایند واسنجی و اعتبارسنجی مقدار معیار NS در همه موارد از ۰/۵ بیش‌تر بود که نتایج ارزیابی‌ها انطباق خوبی میان دبی و سرعت و عمق نشان داد. بنابراین در این تحقیق مدل SWMM توانایی کافی در پیش‌بینی خطر آبگرفتگی و مدیریت حوزه آبخیز و اولویت‌بندی مناطق در رفع مشکل آبگرفتگی دارد.

کلیدواژه‌ها: *حوزه آبخیزشهری، SWMM، رواناب، جریان آب، سیلاب شهری*

مقدمه

امروزه زندگی در شهرها از جهات مختلف وابسته به زیرساخت‌ها و چگونگی عملکرد آن‌ها می‌باشد، که این زیرساخت‌ها در کلی-ترین حالت وظیفه تأمین و انتقال و توزیع انرژی، آب، اطلاعات و حمل و نقل و.... را برعهده دارد؛ که باتوجه به تراکم جمعیت و تنوع فعالیت‌ها در شهرها کوچک‌ترین خللی در این ارتباط می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری را به‌بار آورد. شهرسازی و توسعه مناطق شهری و تبدیل مناطق بایر به اراضی شهری موجب افزایش اراضی نفوذناپذیر در سطح شهر شده است، که فرصت نفوذ را به شدت کاهش می‌دهد و موجب کاهش زمان تمرکز می‌شود که نهایتا منجر به شکل‌گیری دبی‌های پیک بالاتر حتی حجیم‌تر برای بارش‌های کوتاه مدت یا حتی با شدت کم خواهد شد که موجب تبدیل بخش اعظم بارندگی به رواناب می‌شود [٤]. آبگرفتگی در مناطق شهری در نتیجه ایجاد نقص یا هرنوع ناکارآمدی در سیستم‌های زهکشی شهری موجب وارد شدن خسارات زیاد به ساختمان‌ها و دیگر زیرساخت‌های عمومی و خصوصی می‌شود. گذشته از این، آبگرفتگی خیابان می‌تواند موجب کند شدن حرکت و توقف کامل سیستم‌های ترافیکی شود، همچنین پیامدهای غیرمستقیم از جمله قطع روابط و فرصت‌های تجاری را نیز به همراه دارد [۱۷]. به‌طور کلی می‌توان بیان داشت توسعه شهری و برنامه‌ریزی مدیریت شهری این مهم را طلب می‌کند که اقداماتی با مطالعه و برنامه‌ریزی مشخص به‌منظور رفع مشکلات ناشی از جاری شدن سیلاب، آبگرفتگی معابر و استفاده بهینه از این منابع آبی که در مواقع بارندگی ایجاد می‌شود صورت گردد [۱۳]. حوزه‌های آبخیز امروزه در بسیاری از زمینه‌های مدیریتی در محیط‌های طبیعی به عنوان واحد برنامه‌ریزی مورد پذیرش و استفاده قرار گرفته است، به‌نحوی که تمامی برنامه‌ها در مقیاس وسیع و برنامه‌های اجرایی در مقیاس کوچک‌تر در این حوزه‌ها مدنظر قرار می‌گیرند [۱۱]. مدیریت حوزه آبخیز یکی از حساس‌ترین و در عین حال پیچیده-ترین اشکال مدیریت منابع و تولید است [۱۵]. اگر آبخیزداری را به عنوان مدیریت جامع حوزه آبخیز بدانیم، شهر به عنوان یکی از واحدهای اصلی یک حوزه آبخیز است. در میان روش‌های مختلف برآورد رواناب سطحی، مناسب‌ترین و متداول‌ترین روشی که در سیلاب شهری در بررسی رواناب در بیش‌تر مطالعات مورداستفاده قرار گرفته است، استفاده

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲- نویسنده مسئول و دانشیار، گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
پست الکترونیک: malekian@ut.ac.ir
۳- استاد دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران
٤- استادیار دانشگاه شهرکرد

www.SID.ir

Archive of SID

از SWMM[1] می‌باشد. استفاده از GIS[2] در بررسی رواناب شهری مساله‌ای است که در چند دهه اخیر به آن توجه زیادی به آن شده است. مدل‌هایی که پیش از این برای مدلسازی رواناب مورد استفاده قرار می‌گرفتند، قابلیت برقراری ارتباط با نرم‌افزار GIS را نداشتند ولی مدل SWMM با استفاده از توانمندی‌های نرم‌افزار GIS می‌تواند به نحو مطلوبی نقاط احتمالی ابگرفتگی را پیش‌بینی نماید. این مدل نخستین مدل جامع برای بررسی رواناب شهری و یکی از پیشرفته‌ترین مدل‌های رایانه‌ای در این زمینه به حساب می‌آید که حاصل پژوهش بخش منابع آب از آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا[3] می‌باشد. در این زمینه تحقیقات بسیاری در طول دهه اخیر در ایران و جهان صورت گرفته است.

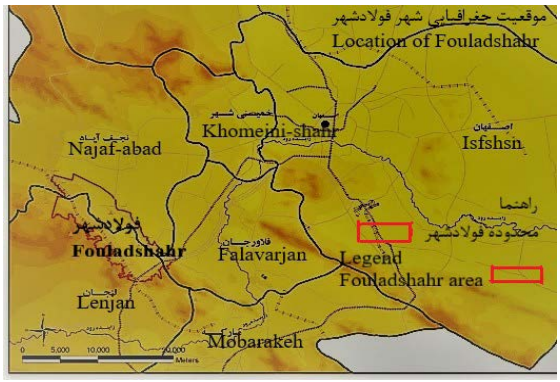
سلوالینگام و همکاران[4] [۱۶]، با هدف ارزیابی و طراحی سیستم زهکشی جریان سیلاب شهری در آبخیز سنگاپور از مدل روندیابی SWMM برای شبیه‌سازی سیلاب استفاده نمودند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که مدل کارایی خوبی در شبیه‌سازی سیستم زهکشی منطقه مورد مطالعه دارد. دونگکوا و همکاران[5] [۳]، برای شبیه‌سازی، بارش و رواناب در حوضه شهری Macau از مدل SWMM و GIS استفاده کردند. نتایج نشان داد که استفاده از GIS در بدست آوردن برخی از پارامترهای مهم مدل SWMM بسیار مفید است و مدل SWMM انعطاف‌پذیری قابل ملاحظه‌ای را وقتی پارامترهای کافی در دسترس باشد دارد. کمپانا و توسی [۳]، به‌منظور پیش‌بینی سیلاب در اثر توسعه شهرسازی از مدل هیدرولوژیکی طراحی شده خود به همراه GIS استفاده نمودند و رابطه میان پارامترهای مدل هیدرولوژیکی و مشخصه‌های توسعه شهری را براساس طرح تفضیلی شهر دیلیو در کشور برزیل را بدست آوردند. نتایج بیان داشت که علت اصلی پخش سیلاب در سطوح شهر به دلیل انسداد مسیر جریان توسط پل‌ها بوده است. خلیقی سیگارودی و همکاران [۸]، به‌منظور شبیه‌سازی رواناب شهری در شهر مشهد به واسنجی و ارزیابی مدل SWMM پرداختند. برای واسنجی و ارزیابی مدل ، رواناب متناظر با سه واقعه بارندگی در خروجی حوضه اندازه‌گیری شد و با رواناب شبیه‌سازی شده توسط مدل مقایسه شد. نتایج نشان داد که سازگاری خوبی بین دبی و عمق رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای وجود دارد. فقط در سرعت رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای اختلاف کمی وجود دارد. در کل این تحقیق نشان‌دهنده کارایی مدل SWMM در حوضه مورد مطالعه است و می‌توان از این مدل در طراحی و ارزیابی سیستم شبکه زهکشی شهری استفاده کرد. خداشناس و همکاران [۹]، برای رسیدن به یک راه‌کار کاربردی جهت کنترل رواناب شهری در منطقه ٤ تهران از نرم‌افزار SWMM استفاده کردند. نتایج نهایی گویای عدم کارایی مناسب در بخش‌های مختلف شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی موجود در محدوده مورد مطالعه است. هدف از این تحقیق شبیه‌سازی سیلاب شهری در فولادشهر و همچنین بررسی نقاط حساس به آب گرفتگی در این شهر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

فولادشهر واقع در شهرستان لنجان در ۱۹ کیلومتری جنوب‌غربی محدوده شهری اصفهان، پنج کیلومتری شمال‌شرقی کارخانه ذوب‌آهن و ۱۱ کیلومتری زرین‌شهر در ارتفاع ۱٦٥٥ متر از سطح دریا واقع شده و در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه و ۵۱ درجه و ٢٤ دقیقه طول شرقی استقرار یافته است.

فولادشهر از بارندگی بسیار کم تا ۱٥٤ میلی‌متر و تبخیر بالای حدوداً ۳۵۰۰ میلی‌متر در سال برخوردار است. در تقسیمات چهارگانه اقلیمی ایران، فولادشهر در اقلیم گرم و خشک جای دارد. از مشخصات این اقلیم تابستان‌های گرم و خشک و زمستانژهای خیلی سرد است [۷]. مساحت این شهر حدود ۱۹٤۰ هکتار است. شکل ۱ نشان‌دهنده موقعیت منطقه است. فولادشهر یکی از پرجمعیت‌ترین شهرهای استان اصفهان می‌باشد و هرساله مهاجران زیادی از سایر استان‌های ایران در این شهر ساکن می‌شوند. این شهر مانند سایر شهرها در سال‌های اخیر دچار مشکلاتی ناشی از جاری شدن سیلاب و آبگرفتگی معابر شده است.



شکل ۱-موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان و شهرستان لنجان

Fig 1. Location of the study area in Isfahan province and Lenjan city

مراحل شبیه‌سازی مدل SWMM

جهت شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب با دوره بازگشت‌های مختلف، ابتدا باید مرز حوزه و زیرحوزه را تعیین کرد. تعیین مرز زیرحوضه‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰۰، نقشه‌های شهری و بازدیدهای میدانی و با توجه به شیب در نقاط مختلف حوزه انجام شده‌است. بعد از تعیین مرز زیرحوزه‌ها و حوزه، پارامترهای مورد نیاز مدل SWMM را محاسبه می‌شود؛ این پارامترها شامل

1. Storm water management
2. Geographic Information System
3. United States Environmental Protection Agency
4. Selvalingam et al.
5. Dongquan et al.

www.SID.ir

Archive of SID

مساحت زیرحوزه‌ها، عرض معادل، تعیین ضریب زبری جریان در سطوح مختلف، تعیین شیب حوزه، اندازه‌گیری نفوذ، بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز برای اتصالات و مجاری، وارد کردن اطلاعات هواشناسی و در نهایت محاسبه زمان تمرکز حوزه است. برای شبیه‌سازی و اجرای مدل نیاز به منحنی شدت–مدت–فراوانی و هایتوگراف بارش است. که روش استخراج آن در ادامه توضیح داده خواهد شد.

محاسبه زمان تمرکز

زمان تمرکز از روش‌های متعددی قابل محاسبه است که پاسخ‌های مختلفی نیز دارند، که علت آن نادیده گرفتن وضعیت مسیر جریان آب از نظر زبری بستر، پوشش گیاهی، شعاع هیدرولیکی در نقاط مختلف، بریدگی‌ها و آبشارها و سایر عوامل می‌باشد. لذا بهتر است علاوه بر استفاده از رابطه های تجربی، همواره شرایط محیطی نیز در نظر گرفته شده اصلاحات لازم انجام گیرد. شهبازی و همکاران [۱٤]، بیان داشتند روش هیدروگراف استدلالی برای کل حوضه کمترین خطا را دارد و جواب مناسبی را ارائه می‌دهد. رابطه ۱ نشان‌دهنده روش هیدروگراف استدلالی است:

$$T_C = M(\frac{L}{\sqrt{S}})^{0.66} \quad (۱)$$

در این تحقیق تداوم بارش برابر با زمان تمرکز درنظر گرفته شده است.

محاسبه بارندگی طرح

برآورد شدت رگبارها با مدت و فراوانی وقوع آنها از مهم‌ترین بخش‌های یک مطالعات هیدرولوژی به‌حساب می‌آید و داشتن منحنی‌های شدت– مدت– فراوانی بارندگی(I.D.F) یا روابط دیگری که بتواند و شدت بارندگی با یک تداوم مشخص را تعیین کند از ملزومات طراحی در هر طرح هیدرولوژیکی است. به‌طورکلی برای تعیین شدت بارندگی در یک ایستگاه از دسته منحنی‌های شدت–مدت–فراوانی استفاده می‌شود که از روی آمار استخراج شده از کاغذهای باران‌نگار تهیه می‌گردد. برای محاسبه منحنی شدت– مدت– فراوانی از روابط شدت مدت استفاده شده است. شدت بارندگی با تداوم آن رابطه عکس دارد، این موضوع از زمانی که بشر در انجام امور مربوط به خود نیاز به اطلاع از وقوع بارندگی داشت شناخته شده است. از اوایل قرن حاضر، علم هیدرواقلیم ابعاد کمی و ریاضی به خود گرفت و توابع ریاضی گوناگونی برای توصیف شدت بارندگی نسبت به مدت پیشنهاد شد. در این مورد، دو رابطه کلی ۲ و۳ بیش‌تر از سایر روابط مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۲].

$$i = ab^t \quad (۲)$$

$$i = \frac{a}{b+t} \quad (۳)$$

که در این روابط، i شدت بارندگی ، t مدت بارندگی و a و b ضرایب تجربی هستند که بستگی به نوع بارندگی دارند.

$$i = 162 * t^{(-0.7)} \quad T=2yr \quad (٤)$$

$$i = 172 * t^{(-0.7)} \quad T=5yr \quad (٥)$$

$$i = 210.5 * t^{(-0.7)} \quad T=10yr \quad (٦)$$

$$i = 263.3 * t^{(-0.7)} \quad T=25yr \quad (٧)$$

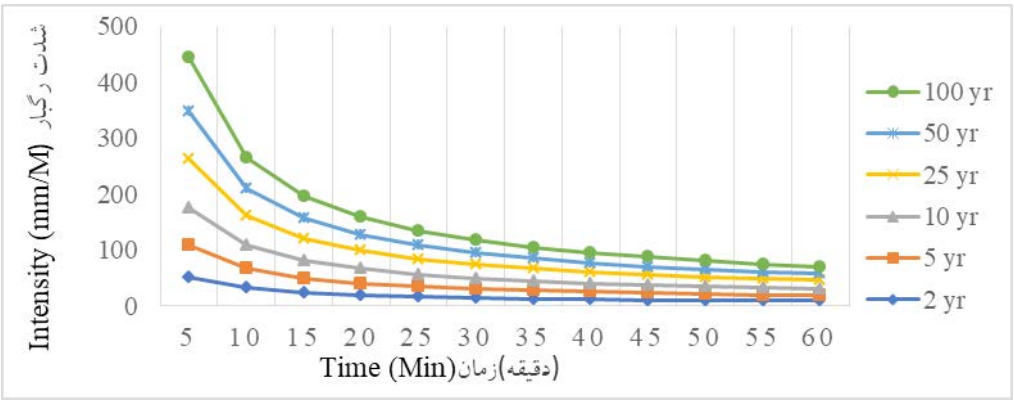
$$i = 308.2 * t^{(-0.8)} \quad T=50yr \quad (٨)$$

$$i = 354.1 * t^{(-0.8)} \quad T=100yr \quad (٩)$$

رابطه فوق در محدوده مطالعاتی فولادشهر برای دوره بازگشت‌های مختلف به صورت روابط ٤ تا ۹ است که برای ایستگاه هواشناسی شهر اصفهان استخراج شده است [۱۰]. با استفاده ازروابط فوق می‌توان منحنی شدت– مدت– فراوانی برای منطقه را ترسیم کرد. شکل ۲ منحنی شدت– مدت– فراوانی منطقه را نشان می‌دهد.با استفاده از منحنی شدت– مدت– فراوانی می‌توان هایتوگراف باران برای تداوم‌های مختلف در دوره بازگشت‌های مورد نظر بدست آورد. شکل ۳ نشان‌دهنده هایتوگراف باران برای دوره بازگشت ۲۵ سال می‌باشد [۱۰].

مدل‌سازی رواناب

با استفاده از نقشه کاربری اراضی و پیمایش میدانی منطقه مورد مطالعه به ۲۰ زیرحوزه تبدیل گردید. برای شبیه‌سازی بارش–رواناب نیاز به داده‌هایی شامل مساحت، عرض زیرحوزه، درصد مناطق نفوذناپذیر، شیب، ضریب زبری مانینگ و ذخیره چالابی است، که

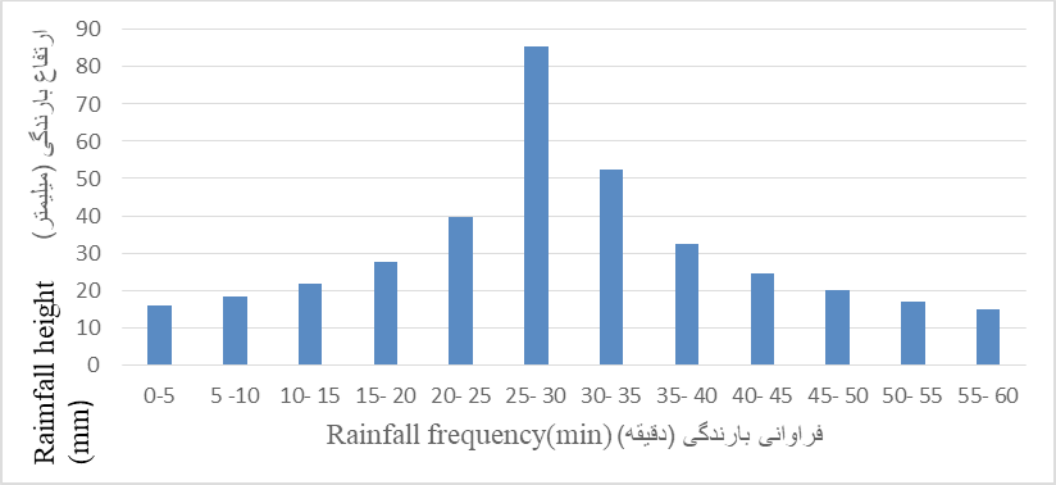


شکل۲–منحنی شدت– مدت– فراوانی منطقه مورد مطالعه

Fig 2. Intensity-duration-frequency curve of the study area

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- هایتوگراف بارندگی بادوره بازگشت ۲۵ ساله

Fig 3. Rainfall hytograph with return period of 25 years

برای تعیین آن‌ها از سیستم GIS و طرح جامع فولادشهر استفاده گردید. در منطقه مورد مطالعه ۳۱ کانال وجود دارد. اطلاعات مربوط به آن‌ها شامل شماره کانال، شماره گره بالادست و پایین‌دست، طول کانال، عمق کانال، عرض کانال و شکل کانال می‌باشد. در کل شبکه زهکشی منطقه تعداد ۳۱ گره مشخص شد که اطلاعات مربوط به آن‌ها شامل شماره گره ،حداکثر عمق و تراز گره می‌باشد. شکل ٤ نشان‌دهنده وضعیت زیرحوزه‌های منطقه و گره‌های موجود و کانال‌ها می‌باشد.

آنالیز حساسیت مدل

آنالیز حساسیت به مطالعه تأثیرپذیری متغیرهای خروجی از متغیرهای ورودی یک مدل آماری گفته می‌شود. به عبارت دیگر روشی برای تغییر دادن در ورودی‌های یک مدل آماری به صورت سازمان یافته است که بتوان تأثیرات این تغییرها را در خروجی مدل پیش‌بینی کرد. در این آنالیز پارامترهای حساس شناخته شده و تمرکز بر روی این پارامترها صورت می‌گیرد و به این ترتیب با کاهش عدم قطعیت، دقت نتایج افزایش می‌یابد. آنالیز حساسیت به دو صورت جزیی و کلی صورت می‌گیرد. در روش جزیی یا مطلق تأثیر هر پارامتر به شکل مجزا با ثابت نگه داشتن سایر پارامترها محاسبه می‌شود. آنالیز حساسیت نقش کلیدی در تحلیل‌های مربوط به سیلاب دارد و استفاده از آن برای تحلیل‌های کوتاه مدت و بلند مدت توصیه شده است. آنالیز حساسیت یک دید کلی برای مطالعه نتایج مدل ایجاد می‌کند که این دید برای پیش‌بینی پتانسیل خطر مهم خواهد بود. در این مطالعه برای بررسی حساسیت پارامترهای مدل SWMM، از روش آنالیز حساسیت جزیی (مطلق) استفاده شد. به این ترتیب مقدار اولیه هفت پارامتر مؤثر ارائه شده در جدول۱ با توجه به دامنه تغییرات قابل قبول، برای زیر حوضه دوم تغییر یافت و مدل برای آن‌ها اجرا شد [۱۸].

ارزیابی کارایی مدل

از دو واقعه بارندگی برای بررسی میزان انطباق بین هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در مدل بعد از آن برای عمل واسنجی از واقعه سوم استفاده شد.به‌منظور ارزیابی مدل از معیارهای کارایی Nash و RMSE که دراکثر مطالعات هیدرولوژیکی از آن استفاده می‌شود، بهره گرفته شد [۱و۳]. روابط معیارهای فوق به صورت زیر است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2} \quad (۱۰)$$

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(o_i - \bar{o})^2} \quad (۱۱)$$

در رابطه فوق o_i مقادیر مشاهداتی و p_i مقادیر شبیه‌سازی شده و $\bar{O}$ میانگین مقادیر مشاهداتی است.

نتایج

جهت بررسی میزان انطباق بین هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در مدل از واقعه سوم و جهت واسنجی مدل از واقعه اول و دوم استفاده شد، جهت تجزیه و تحلیل نتایج از عوامل معیار کارایی ناش ساتکلیف[1] و مجذور میانگین خطا[2] استفاده گردید. نتایج حاصل از فرایندهای اعتبارسنجی مدل در جدول ۲ ارائه شده است و نتایج حاصل از فرایندهای واسنجی مدل در جدول ۳ ارائه شده است.اگر در فرآیند واسنجی مدل مقدار معیار NS از ۰/۵ بیش‌تر باشد، فرآیند واسنجی از دقت کافی برخوردار است و نتایج در حد معنی‌داری قایل قبول است [۱۳].

جهت بررسی وضعیت آبگذرها، براساس هایتوگراف‌های با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله، مدل SWMM اجرا شد. نتایج

1. Nash
2. RMSE

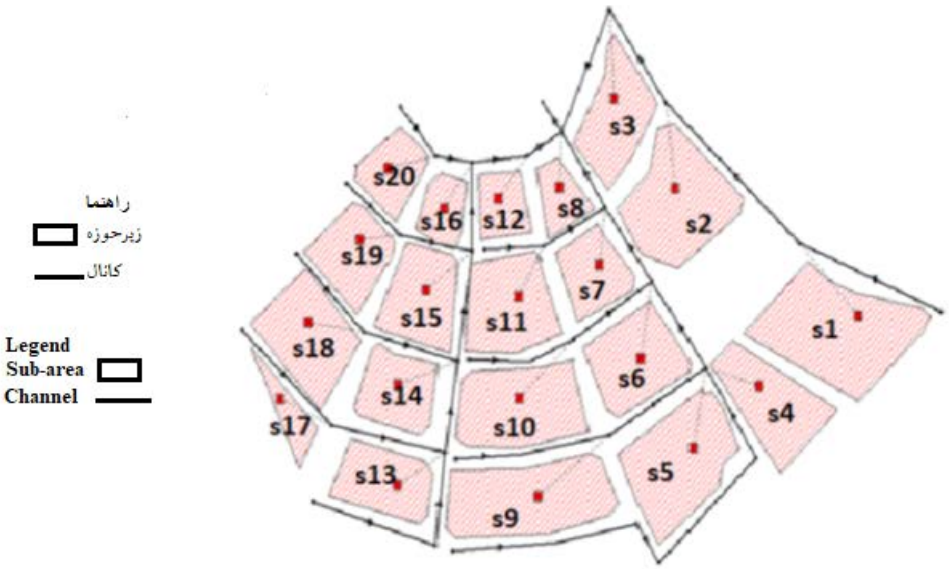
www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- محدوده تغییرات پارامترها جهت آنالیز حساسیت

Table 1. Range of parameter changes for sensitivity analysis

عوامل (factors)	مقادیر اولیه (Initial values)	درصد و محدوده تغییرات (Percentage and range of changes)	مقادیر بهینه (Optimal values)
درصد مناطق نفوذناپذیر Percentage of impermeable areas	–	30±	–
شیب (٪) Slope (%)	–	30±	–
عرض معادل(متر) Equivalent width	–	30±	–
N–نفوذناپذیر N-Impermeable	0.013	0.013– 0.11	0.18
N–نفوذپذیر N-Permeable	0.05	0.05 – 0.8	0.2
مساحت(هکتار) Area (ha)	-	30±	–



شکل٤- وضعیت زیرحوزه‌ها و کانال‌های موجود

Fig 4. Status of existing sub-areas and channels

حاصل از شبیه‌سازی برای کلیه دوره بازگشت‌ها به تفکیک در جدول ٤ ارائه شده است. این نتایج معابر و نقاطی را که در دوره بازگشت‌های مختلف دچار آبگرفتگی می‌شوند، را نشان می‌دهد. شکل ٥ نشان‌دهنده معابر و کانال های حساس به آبگرفتگی در دوره بازگشت ٢٥ سال است.

شکل ٦ نشان‌دهنده هیدروگراف خروجی مدل حاصل از اجرای مدل برای دوره بازگشت ٢٥ می‌باشد.معمولا برای انجام عملیات‌های آبخیزداری، مناسب‌ترین دوره بازگشت ٢٥ سال می‌باشد. در تمام این هیدروگراف‌های حاصل از مدل نشان‌دهنده این است که اوج رواناب تولید شده در یک ساعت اول بارندگی در طول شبانه روز است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- نتایج حاصل از واسنجی

Table 2. Calibration results

واقعه (event)	فاکتور(factor)	NS	RMSE
واقعه اول(۱۳۹۸/۱۱/۲۰) First event	عمق Depth	0.75	0.11
	دبی Discharge	0.98	0.40
	سرعت Velocity	0.96	0.25
واقعه دوم (۱۳۹۸/۱۲/۱) Second event	عمق Depth	0.99	0.29
	دبی Discharge	0.86	0.75
	سرعت Velocity	0.65	0.20

جدول۳ - نتایج حاصل از اعتبار سنجی

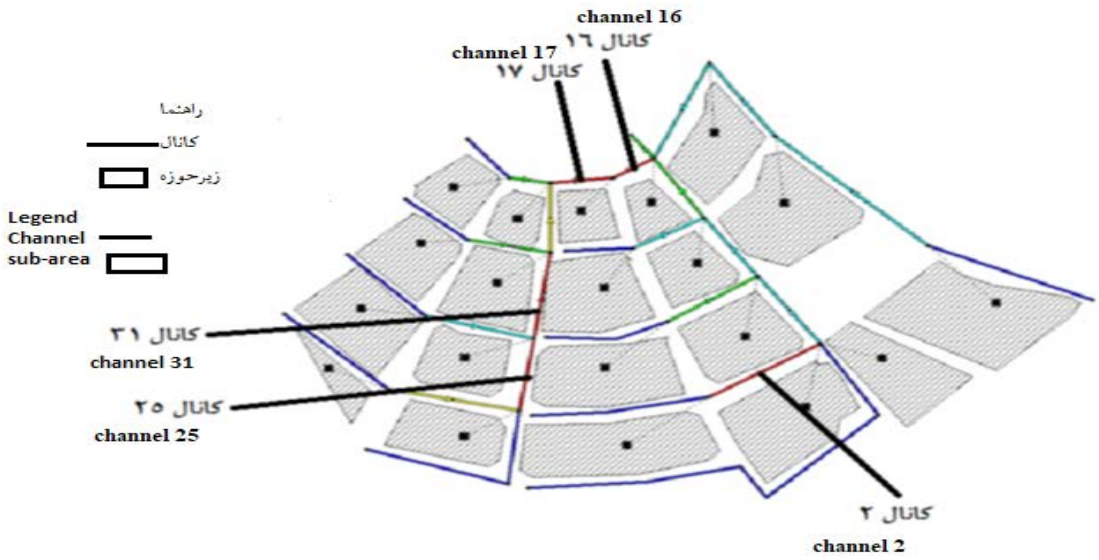
Table 3. Validation results

واقعه(event)	فاکتور(factor)	NS	RMSE
واقعه سوم(۱۳۹۹/۲/۱۱) Thrid event	عمق Depth	0.96	0.40
	دبی Discharge	0.97	0.41
	سرعت Velocity	0.68	0.57

جدول ٤- انتقال دهنده‌های دچار آبگرفتگی با دوره بازگشت‌های مختلف

Table 4. Transmitters with flooding with different return periods

ردیف	دوره بازگشت (Return period)	انتقال دهنده دچار آبگرفتگی (Transmitters with flooding with)
1	۲ سال 2yr	17-25-2-3-31
2	۵ سال 5yr	17-25-2-3-31-16
3	۱۰ سال 10yr	17-25-2-3-31-6
4	۲۵ سال 25yr	17-25-3-31-16
5	۵۰ سال 50yr	17-25-2-3-31-6
6	۱۰۰ سال 100yr	17-25-2-3-31-16-6

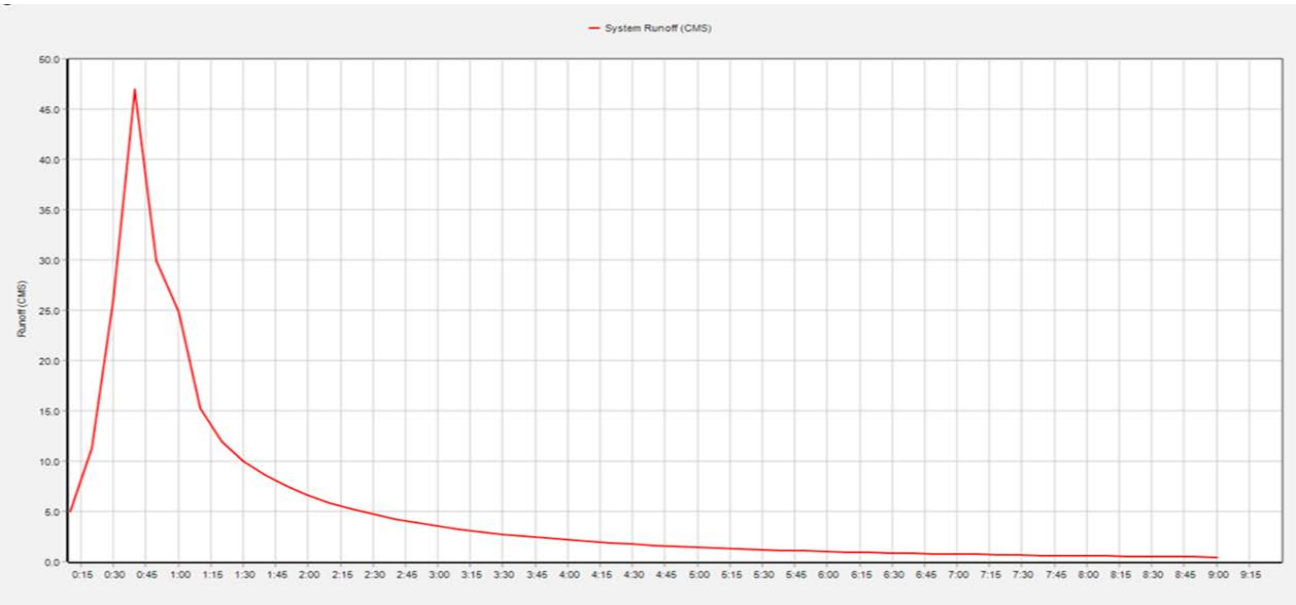


شکل۳- معابر حساس به آبگرفتگی در دوره بازگشت ۲۵ سال

Fig 4. Flooded channels in the return period of 25 years

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- هیدروگراف خروجی از مدل برای دوره بازگشت ۲۵ سال

Fig 3. Output hydrograph of the model for a return period of 25 years

جهت مقایسه رفتار هیدرولیکی مدل SWMM با واقعیت موجود در منطقه، مدل با استفاده از واقعه‌های اندازه گیری شده اجرا گردید و با بازدیدهای میدانی صورت گرفته مقایسه گردید که در نهایت نتایج ذیل حاصل گردید:

۱-در فرآیند شبیه‌سازی نقاطی را که دچار آبگرفتگی شده را مشخص نموده و جهت بررسی علت طی یک بازدید میدانی مشاهده گردید که علت اصلی اکثر آبگرفتگی‌ها انباشته شدن زباله است

۲-برخی از محل‌هایی که آبگرفتگی آن‌ها در طی بازدیدهای میدانی در زمان وقوع بارندگی مشخص شده، درواقع کمبود ظرفیت شبکه اصلی در آن مکان‌ها علت آبگرفتگی است.

۳-در برخی از ورودی‌های خیابان‌های متصل به خیابان اصلی که علاوه بر نداشتن ظرفیت کافی، آبگذر شیب، سرعت و درنتیجه انرژی لازم برای ورود به آبگذر اصلی را نداشته به همین دلیل آب حاصل از بارندگی در ورودی خیابان فرعی جمع شده و مشکلات زیادی را برای رفت و آمد عابرین و خودروها فراهم کرده است.

٤-تخریب کناره‌های کانال‌ها در برخی از مناطق موجب خروج رواناب از کانال‌ها می‌شود و در نهایت باعث تجمع رواناب در معابر و خیابان‌ها می‌شود.

۵-تجمع زباله‌ها در محل خروجی رواناب شهری و آلوده کردن آب حاصل از بارندگی منطقه مورد مطالعه در طول بارش‌هایی با دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال تمامی معابر و خیابان‌ها دچار آبگرفتگی می‌شوند.

بحث و نتیجه‌گیری

با شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب برای دوره بازگشت‌های مختلف گره‌ها و مجاری که قابلیت عبور سیلاب را نداشتند، مشخص شدند. نتایج بدست آمده حاصل از اعتبار سنجی قابلیت خوب مدل SWMM در شبیه‌سازی رواناب شهری نشان می‌دهد. نتایج حاصل از واسنجی مدل نشان‌دهنده انطباق خوبی بین جریان شبیه‌سازی شده و واقعیت است. مقدار NS بیش‌تر از ۰/۵ می‌باشد که نشان دهنده این امر است. نتایج ارزیابی مدل کارایی و دقت مدل را تایید می‌کند. در ارزیابی مدل نیز مقدار NS بیش‌تر از ۰/۵ می‌باشد.نتایج حاصل از این تحقیق با یافته‌های شهبازی [١٤] وانگ [١٩] و ییران بای [٢٠] مطابقت دارد. با انجام آنالیز حساسیت پارامترهایی که بیش‌ترین تاثیر بر روی خروجی مدل دارند، مشخص گردید.درصد مناطق نفوذپذیر و ضریب زبری مانینگ از حساسترین پارامترها هستند.

یکی از عوامل مهمی که باعث ایجاد سیلاب می‌شود، نامناسب بودن ابعاد کانال‌های شهر می‌باشد.به‌طوریکه در بازدیدهای میدانی مشاهده گردید که اکثر کانال‌ها به دلایل مختلف با کاهش سطح مقطع عبوری مواجهه هستند.با توجه به نتایج شبیه‌سازی مدل انتقال دهنده‌های ۲، ۳، ٦، ١٦، ١٧، ٢٥ و ٣١ جزو حساس‌ترین انتقال‌دهنده‌ها هستند، که در تمامی دوره بازگشت‌ها دچار آبگرفتگی می‌شوند. ظرفیت این کانال‌ها کم می‌باشد که این امر موجب سرریز شدن رواناب از این کانال‌ها می‌شود.یکی دیگر از عوامل موثر در تولید رواناب در شهرها درصد اراضی نفوذپذیر می‌باشد.این اراضی فرصت نفوذ آب را کاهش می‌دهد بنابراین آب در سطح شهر جاری می‌گردد. در بازدیدهای میدانی صورت گرفته و با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی مشاهده گردید که درصد اراضی نفوذپذیر در این شهر بیش از ۸۵ درصد می‌باشد. درشهر فولادشهر با توجه به بازدیدهای صورت گرفته شیب معابر و خیابان‌ها مناسب نمی‌باشد، این امر باعث شده است که در زمان بارندگی آب حاصل از بارندگی به طرف کانال‌ها و جوی‌های آب هدایت نشود و در خیابان‌ها و معابر

www.SID.ir

Archive of SID

عابرپیاده جاری گردد.لازم به ذکر است که تمامی معابر و خیابان ها در دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ سال دچار آبگرفتگی می‌شوند.یافته های این پژوهش با نتایج تحقیقات جانگ و همکاران [٦] و شهبازی و همکاران [١٤] و باقلانی و همکاران [١] که استفاده از مدل SWMM اثرات شهرسازی را برروی تولید رواناب را به خوبی نشان می‌دهد،انطباق دارد.

با استفاده از نتایج این پژوهش،می‌توان ضمن شناسایی مناطق پرخطر و دلایل ایجادخطر سیلاب، مدیریت جامعی را درخصوص این مناطق و کاربری‌های موجود ارائه کرد. این تحقیق ضرورت توسعه مناطق نفوذپذیر و همچنین اصلاح شیب معابر و ابعاد کانال‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین لازم است مدیران و برنامه‌ریزان شهری برنامه ای جهت مدیریت سیلاب و رواناب شهری تنظیم و اجرا نمایند.

منابع

1. Baghlani, M. Rostami, Tavakoli, M. 2019. Identifying Factors Affecting urban flood in Ilam watershed. Journal of Watershed Engineering and Management. (In Persian)

2. Campana, N. A., & Tucci, C. E. M. 2001. Predicting Floods from Urban Development Scenarios: Case Study of the Diluvio Basin, Porto Alegre, Brazil. Journal Urban Water, 3, 113-124

3. Dongquan, Z., Jining, C., Haozheng, W., Qingyuan, T., Shangbing, C. and Zheng, S., 2009. GIS-based urban rainfall-runoff modeling using an automatic catchmentdiscretization approach, (case study in Macau). Environ Earth Sci, 59, 465–472p

4.Golbabaei, H. Atapourfard,A. Mirab,M. Mahdavifard,H. 2007. The position of urban watershed management in the comprehensive management of watersheds. 4th National Conference on Watershed Management Science and Engineering, Watershed Management, Karaj, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian).

5.Hosseini, Z. Saremi Naeini,M. Tazeh,M. 2009 .(1th ED)Cartography and physiography in the study of natural resources. University Jihad Publications, first edition. (In Persian)

6 .Jang, S., M. Cho, J. Yoon, Y. Yoon, S. Kim, G. Kim, L. Kim and HAksoyh. 2007. Using SWMM as a tool for hydrologic impact assessment. Journal of Desalination, 212(1-3): 344-356.

7.Kazemian, G et.al. 2006. Review plan in the comprehensive plan of Fooladshahr city. (In Persian)

8.Khalighi, S. Rostami, M. Mahdavi, M. Salajegheh, A. Calibration and evaluation of SWMM model in order to simulate urban runoff. Iranian Journal of Natural Resources, Volume 68. Number 3, Mashhad. (In persain)

9.Khodashenas, S. Mokhtarpour,A. Davari, K. 2018. Investigation of changes in urban flood discharge with two methods of porous pavement and intrusion trench Case study: District 4 of Tehran. Journal of Irrigation and Water Engineering. 29-18.32. (In Persian).

10.Kadkhodaei Alyadarani,F. 2010. Investigation of rainfall intensity-duration relationships in Isfahan province. Master Thesis, University of Isfahan, Faculty of Literature and Humanities, Department of Geography. (In Persian).

11.Mahdavi, M. 2007. Comprehensive watershed management. 4th National Conference on Watershed Management Science and Engineering, Watershed Management, Karaj, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian).

12. Mahdavi, M. 2016. Applied hydrology, The University of Tehran press. (In Persian)

13.Shahbazi, A. 2012. Urban runoff management to reduce risks using the SWMM model. Master Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. (In Persian).

14.Shahbazi, A. Khalighi Sigaroudi,A. Malekian,A. Salajegheh,A. 2014. electing the best experimental formula for estimating concentration time in urban watersheds (Case study: Mahdasht city). Journal of Rangeland and Watershed. 419-435. (In Persian)

15.Shamsaei, M. Mehrjou,M. Bakhshipour,O. 2009. The role of participation in the comprehensive management of the watershed.Fourth National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tehran. (In Persian).

16. Selvalingam, S., S.Y. Liong and P.C. Manoharan. 1978. Use of RORB and SWMM Models to an Urban Catchment in Singapore. Journal of Advances in Water Resources, 10: 78-86

www.SID.ir

Archive of SID

17.Smith, D., Li, J. and Banting D. 2005. A PCSWMM/GIS-based water balance model for the ReesorCreek watershed, Atmospheric Research 77: 388– 406.

18.Tavakoli, M. 2017. Evaluation of effective factors on the occurrence of urban floods in order to provide the best management solutions (Case study: Ilam watershed). Student Thesis (Master) of Ilam University, Faculty of Agriculture. (In Persian)

19. Wang, Y., Wang, H., Wang, M., Wu, Y., Liu, H., & Huang, H. 2020. Study on the Simulation and Evaluation of LID Adaptation Measures Based on SWMM. Journal of Water Resources Research -9(1), 22-32.

20.Yiran Ba, Zhao, N., Zhang, R., & Zeng, X. 2019. Storm water management of low impact development in urban areas based on SWMM. Water, 11(1), 3.

www.SID.ir

Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iran-Watershed Management Science & Engineering

Vol. 15, No. 52, Spring 2021

سال پانزدهم- شماره ۵۲- بهار ۱۴۰۰

Determination of Possible Waterlogging Points of Drainage Network of Fooladshahr City in Urban Flood

Z. Ebrahimzadeh[1], A. Malekian[2], M. Mohseni Saravi[3] and R. Zare Bidaki[4]

Received:13-08-2020 Accepted:28-11-2020

Abstract

Nowdays, more than half of the world's population lives in urban areas, increasing land use change leads to an increase in impermeable land, which greatly reduces the possibility of rainwater infiltration into the land. In this study, Fooladshahr city of Isfahan province was selected as the study area to determine possible flooding points. Previous studies and experimental methods were used to calculate focus time. The SWMM model was used to identify flood sensitive points and the model was implemented for different return periods. The results showed that channels 2, 16, 17, 25 and 31 are sensitive to flooding for a return period of 25 years. In order to calibrate and validate the model, 3 rainfall events were measured on 9.02.2020, 20.02.2020 and 30.04.2020. In these events, depth, flow and velocity were measured and compared with the results of the model. Took. In the calibration and validation process, the NS criterion value was higher than 0.5 in all cases, and the evaluation results showed a good agreement between flow rate, speed and depth. Therefore, in this study, the SWMM model has sufficient ability to predict flood risk and manage the watershed and prioritize areas to solve the problem of flooding.

Keywords: Urban watershed, SWMM, Prioritization, Water flow, Urban flood

1. Ph.D Graduated in Watershed Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
2. Corresponding author and Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. Email: malekian@ut.ac.ir
3. Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
4. Assistant Professor, University of Shahre-Kord

www.SID.ir