



"مقاله پژوهشی"

تعیین کانال‌های بحرانی با استفاده از تلفیق مدل GIS (Civil Storm) ASSA در دوره‌های بازگشت مختلف (مطالعه موردی: منطقه ۹ شهرداری مشهد)

فاطمه رضایی^۱, عبدالرضا بهره‌مند^۲, واحد بردى شیخ^۳, محمد تقی دستورانی^۳ و سید محمد تاج‌بخش^۴

^۱- دانشجوی دکترای آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گران، گلستان، ایران، (نویسنده مسؤول: frezayi25@yahoo.com)

^۲- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گران، گلستان، ایران

^۳- استاد دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، خراسان رضوی

^۴- استادیار دانشگاه بیرجند، بیرجند، خراسان جنوبی

تاریخ ارسال: ۹۸/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۵

صفحه: ۴۱ تا ۲۶

چکیده

مدیریت کمی و کیفی رواناب‌های شهری (سیلاب شهری) کار پیچیده‌ای است. صرف نظر از تاثیرات اقتصادی و اجتماعی، مهندسین آب همواره نیاز دارند تا از نحوه پاسخ سیستم زهکشی شهری در برابر شرایط آب و هوایی مختلف اطلاع داشته باشند. در این تحقیق جهت تعیین نقاط آب‌گرفتگی منطقه ۹ شهرداری مشهد از تلفیق مدل GIS (Civil Storm) ASSA و GIS بازگشت، ۵ و ۱۰ ساله استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا نقشه مرز حوزه های آبخیز، کانال‌ها و گره‌ها در محیط جی آی اس مشخص شد پس از مدل ASSA برای بارش طرح یک‌ساخته برای دوره بازگشت‌های مختلف شبیه‌سازی شد و سپس خروجی‌های مدل در محیط نرم‌افزار جی آی اس تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد با افزایش دوره بازگشت بارندگی، از تعداد ۲۸۰۶ گره موجود در شبکه مجاری زیرزمینی و سطحی ۱۷۸۱، ۱۱۴۲ و ۲۲۶ گره به ترتیب در دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰ و ۱۵ ساله دچار سیلاب شدند. بررسی‌های میدانی، نقشه‌های موجود رقومی ارتفاعی شبکه جمع‌آوری رواناب شهری و شبیه‌سازی‌های انجام گرفته، حاکی از آن است که علت اصلی آب‌گرفتگی‌ها، کوچک‌بودن سطح مقطع مجاری آبرو و همچنین شبکه کم و زیاد در برخی نقاط شبکه بوده است. مطابقت نتایج شبیه‌سازی آب‌گرفتگی‌های ناشی از بارندگی‌های طرح در منطقه مورد مطالعه با آنچه که هر ساله در آنجا روى می‌دهد، موید صحت شبیه‌سازی‌های مدل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دوره بازگشت، شبیه‌سازی رواناب، مدل GIS، نقاط آب‌گرفتگی

دوره سی یا چهل ساله امکان سیلخیزی در منطقه وجود دارد. علاوه‌بر آن شهر مشهد در نیمه جنوب غرب رود دشت کشف رود بهعلت گسترش بر سطح دشت و مخروطه افکنهای آبرفتی تحت تاثیر شرایط توپوگرافی، شب تند و زهکشی ضعیف همیشه در اثنای بارش‌های شدید با سیلاب‌های ناگهانی و آب‌گرفتگی مواجه بوده است. گسترش شهر به سمت جنوب و غرب و تسخیر اراضی شب‌دار پایکوه ضمن آسیب‌پذیری بیشتر شهر در برابر سیلاب‌های دوره‌ای، بر حجم سیلاب حاصل از سطوح مذکور نیز افزوده است.^(۱۴) در این تحقیق از مدل ASSA که یک بسته مدل سازی پیشرفت، قدرتمند، و جامع برای تحلیل و طراحی سیستم‌های زهکشی شهری، رواناب شهری و فاضلاب‌های بهداشتی است. همچنین دارای این قابلیت است، که می‌تواند به طور همزمان از مدل‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و مدل‌های کیفیت آب در دو سیستم انگلیسی و متريک پشتيبانی کند، بهمنظور تعیین کانال‌های بحرانی منطقه ۹ شهرداری مشهد استفاده شد. ناگفته نماند این مدل برای مدل سازی شبکه زهکشی شامل لوله‌ها، کانال‌ها، جانکشن‌ها، اطلاعات مورد نیاز خود را به طور مستقیم از جی آی اس دریافت می‌کند، و با همان پارامترها و روش مدل SWMM شبیه‌سازی را انجام می‌دهد، به عبارتی می‌توان گفت که مدل ASSA (Civil Storm)، نسخه جدید و با کاربری آسان‌تری، از مدل SWMM می‌باشد. که حاصل پژوهش بخش منابع آب از آرنس حفاظت محیط زیست آمریکا^۱ می‌باشد.

مقدمه

سیل یکی از مخرب‌ترین و پیچیده‌ترین رویدادهای طبیعی در حوزه‌های آبخیز است که بیش از هر بلای طبیعی دیگری جان و مال انسان و شرایط اقتصادی و اجتماعی جوامع را به خطر می‌اندازد، بهخصوص این که اگر این پدیده در مناطق شهری مانند سیلاب گلابدره تهران در سال ۱۳۶۶ رخ دهد. از طرفی جاذبه شهرنشینی و رشد سریع آن و تمایل به سکونت و سرمایه‌گذاری در شهرها و مناطق اطراف آن، باعث دگرگون شدن سیمای طبیعی یک منطقه و در نتیجه تغییر شکل حوزه‌ها از حالت طبیعی به شهری شده است. این تغییر در ادامه خود، بهره‌خوردن مسیل‌ها و زهکش‌های طبیعی و تغییر کاربری اراضی را به دنبال داشته است که در نتیجه آن سطوح غیرقابل نفوذ و یا با نفوذپذیری کم، افزایش یافته است. این رویداد بهنوبه خود در افزایش سیلاب‌ها و به وجود آمدن تندسیل‌های شهری حائز اهمیت است. از این رو لازم است تا با مدیریت صحیح، اصولی و کارشناسی‌شده، در کاهش خسارات سیلاب‌های شهری و بهخصوص تندسیل‌ها اهتمام ورزید. یکی از لازمه‌های مدیریت صحیح سیلاب در حوزه‌های شهری برآورد صحیح میزان رواناب ناشی از یک بارش در منطقه شهری مورد نظر است. چرا که با پی‌بردن به این مهم می‌توان تصمیمات لازم و صحیح را در جهت آمادگی رویارویی با سیلاب‌های شهری و همچنین برنامه‌ریزی جهت مهار و هدایت آن در پایین دست اتخاذ نمود.^(۲)

شهر مشهد نیز، با توجه به موقعیت جغرافیایی خود در مسیر حرکت سیلاب‌ها و تند آب‌ها قرار گرفته و عموماً در یک

سیز موجود شهری محاسبه شد، نتایج تحقیق حاکی از این بود که مجموع نیاز آبی فضای سیز شهری نجفآباد در حدود ۴/۲۲ درصد از پتانسیل تولید رواناب شهری در منطقه می‌باشد. بنابراین با اتخاذ تدبیر لازم از جمله شبکه‌های جمع‌آوری و هدایت رواناب و همچنین مخازن ذخیره در ابعاد مناسب می‌توان رواناب تولیدی بر اثر نزولات جوی در سطح شهر را ذخیره و در آبیاری فضای سیز مورد استفاده قرار داد. چن و همکاران (۷)، در مطالعه‌ای مدل دو بعدی UIM را با مدل یک بعدی SWMM برای شبیه‌سازی جریان رو سطحی و زیرسطحی برای تهیه نقشه آبگرفتگی ادغام کردند. با توجه به اینکه در این مطالعه مقدار بارندگی و ظرفیت کanal برابر بوده است علت آبگرفتگی می‌تواند در نتیجه تمرکز جریان در یک کanal در مدت زمان کوتاه باشد همچنین نتایج نشان داد که ترکیب یک مدل هیدرولوژیکی و هیدرولیکی نتایج بهتری نسبت به استفاده از یک نوع مدل دارد.

دونگکوا و همکاران (۹)، برای شبیه‌سازی بارش و رواناب در حوزه شهری Macau از مدل SWMM و GIS استفاده کردند. نتایج نشان داد که استفاده از GIS در بدست‌آوردن برخی از پارامترهای مهم مدل SWMM بسیار مفید است و مدل SWMM انعطاف‌پذیری قابل ملاحظه‌ای را وقتی پارامترهای کافی در دسترس باشد دارد.

جولين و همکاران (۱۰)، تحقیقی را با هدف بهینه‌سازی طراحی سیستم بهینه رواناب شهری با استفاده از مدل مدیریت آب باران (SWMM) انجام دادند، برای این منظور از ۱۰ رویداد بارانگی از جولای ۲۰۱۰ تا جولای ۲۰۱۳ استفاده کردند و کاربرد مدل مدیریت رواناب شهری را در طراحی، سازه‌های استاندارد برای جمع‌آوری آب باران و کاهش رواناب بررسی کردند، نتایج آنها نشان داد که کاهش حجم رواناب شبکه زهکشی نسبت مستقیم با افزایش سطح ذخیره‌سازی منطقه دارد، با این حال این نیز به مقدار بارندگی در یک رویداد بستگی دارد. و همچنین برای عملکرد بهتر سطح ذخیره، تخلیه رسوب موجود پیشنهاد دادند. در نهایت، ابعاد فیزیکی سیستم زهکشی نیز به نسبت حجم رواناب به سطح ذخیره مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و به نتیجه رسیدند که رابطه مستقیم بین سطح ذخیره‌سازی با کاهش حجم رواناب منطقه وجود دارد.

این تحقیق در منطقه نه شهرداری مشهد، بهدلیلی از جمله ۱- حساسیت به سیل خیزی از سمت حوزه‌های بالادست از جمله حوزه‌های آبخیز حصار، گلستان، زشك، جاغرق-۲- دارای ساققه سیل خیزی کمتر از ۴۰ سال-۳- داشتن کanal‌های تقریباً منظم-۴- داشتن استگاه هیدرومتری، با استفاده از تلفیق مدل ASSA^۱ و GIS با هدف تعیین تعیین نقاط آبگرفتگی و کanal‌های سیلابی در دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد با آب و هوای معتدل و متمایل به سرد و خشک، در شمال شرق ایران واقع شده است و از سمت شمال،

دلیر (۸)، جهت شبیه‌سازی جریان غیردائمی متغیر تدریجی در قسمتی از شبکه فاضلاب شهر مشهد از تلفیق مدل ARC VIEW و SWMM MIKE روندیابی جریان مشخص شد که ظرفیت فاضلاب‌روهای موجود به ازای ورود فاضلاب نفوذی که در سطح شهر مشهد دو درصد رواناب با دوره بازگشت دو سال برآورد شده است، کافی بوده است.

بدیعی‌زاده و همکاران (۵،۶)، در تحقیق خود ابعاد بهینه شبکه زهکشی نسبت به بارش طرح با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله را از طریق شبیه‌سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل SWMM در شهر گرگان تعیین کردند و به این نتایج رسیدند که مدل SWMM برآورد نسبتاً خوبی از مولفه‌های جریان داشته است و همچنین در تعیین ابعاد بهینه کanal‌های زهکشی قابلیت خوبی دارد به‌طوری که برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله به ترتیب ۳۰/۵۸، ۱۲/۴۸ و ۴۰/۱۱ درصد از طول شبکه زهکشی در شرایط بحرانی وجود داشته و سایر قسمت‌ها در دوره بازگشت‌های منتخب از عملکرد خوبی برخوردار است.

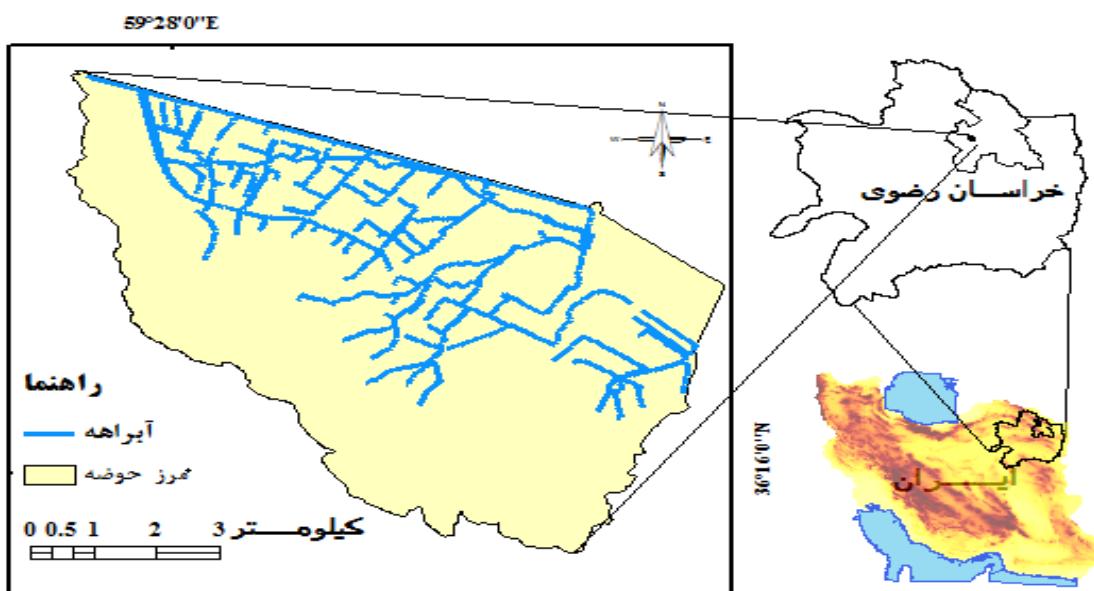
قاسمی و مغربی (۱۶)، طی مطالعه‌ای با استفاده از مدل ASSA به بررسی میزان تاثیر حوضچه‌های تاکیری بر کاهش رواناب پرداختند. نتایج نشان داد، استفاده از حوضچه‌های تاکیری، در منطقه مورد مطالعه آب و برق مشهد با وجود مساحت محدود کارگشا بوده و موجب کاهش دبی اوج هیدرولوگراف، افزایش رخداد زمان پیک سیلاب و در نتیجه کنترل و مدیریت بهینه سیلاب می‌گدد. بهمین منظور در طی دو مرحله مدل‌سازی، جانمایی برای دو و سه مکان مناسب جهت احداث حوضچه‌های کنترل سیلاب شناسایی گردید که در صورت استفاده از دو مخزن، دبی پیک ۳۱ درصد و در صورت استفاده از سه مخزن، دبی پیک ۳۸ درصد کاهش می‌یابد.

رضایی و همکاران (۲۲)، به‌منظور تعیین مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر رواناب شهری منطقه ۹ شهرداری مشهد از مدل SWMM استفاده کردند ضمن اینکه به نتیجه رسیدند مدل مذکور توانایی شبیه‌سازی رواناب شهری را دارد، به نتیجه رسیدند از بین ۸ پارامتر (درصد اراضی نفوذناپذیر، ضربی زبری مانینگ مناطق نفوذناپذیر، ضربی زبری مانینگ مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، شبکه زیرحوزه و درصد مناطق نفوذناپذیر بدون ذخیره سطحی) استفاده شده، بیشترین تاثیر را درصد مناطق نفوذناپذیر روی میزان دبی اوج دارد بعد از این به ترتیب پارامتر ضربی زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، عرض معادل، شبکه، ارتفاع ذخیره در مناطق نفوذناپذیر و مناطق نفوذناپذیر بدون ذخیره سطحی در رتبه بعدی قرار داشتند که به خصوصیات فیزیکی منطقه مورد مطالعه بستگی دارد.

هاشمی و همکاران (۱۳)، از مدل CivilStorm جهت برآورد رواناب شهری به‌منظور استفاده در فضای سیز شهر نجف‌آباد استفاده کردند، برای این منظور از روش استدلایلی برای محاسبه رواناب استفاده گردید. همچنین میزان نیاز آبی فضای

جهت مسیل‌های زهکشی (با شیب تند) عمود بر جهت خیابان‌ها می‌باشد، بنابراین کانال‌های موجود طرفیت عبور جریان را ندارند و هدایت جریان بیشتر توسط المان‌های شهری مانند خیابان‌ها و کوچه‌ها انجام می‌شود، لذا صدمات سیلاب اگرچه محلی است اما هزینه‌های زیادی را بر تاسیسات شهری تحمل می‌کند که ایجاد می‌کند از روش‌های مدیریتی مطلوب بهره گرفت. بنابراین شبیه‌سازی رواناب منطقه ۹ شهرداری مشهد به منظور تعیین کانال بحرانی و نقاط آبگرفتگی، دارای اهمیت می‌باشد. که در شکل یک مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

شرق و غرب به دشت توپ و در جنوب به ارتفاعات بینالود متنه می‌گردد که به ۱۳ منطقه شهرداری تقسیم شده که از بین آنها مناطق ۸، ۷ و ۹ هم‌جوار ارتفاعات جنوبی می‌باشند یک‌چهارم مساحت منطقه ۹ واقع در جنوب غربی مشهد، در دامنه ارتفاعات قرار گرفته و از شیب نسبتاً تندی برخوردار است و همچنین دارای سه نوع بافت شنی لومنی، لوم رسی و سیلت می‌باشد. در هنگام بارندگی، رواناب حاصل از بارش در این منطقه، از سطح حوزه‌های آبریز بالا دست به سمت شهر جاری شده و از طریق مسیل‌های طبیعی دفع می‌شود، از طرف دیگر در قسمت‌هایی از سطح منطقه مورد مطالعه (آب و برق)،



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Map of the study area

۴- بهینه‌سازی و طراحی اندازه حوضچه‌های ذخیره و خروجی‌ها

۵- طراحی پل‌ها و کالورتها

۶- مطالعات کیفیت آب

داده‌های مورد نیاز مدل ASSA: ورودی‌های مورد نیاز مدل عبارتند از: خصوصیات فیزیکی زیرحوزه‌ها، مشخصات شبکه زهکشی و داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه، که به شرح زیر می‌باشند.

تعیین مرز حوزه و زیرحوزه‌ها: برای تعیین مرز زیرحوزه‌های شهری از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰، نقشه مسیر کانال‌ها، مسیل‌های زهکشی و نقشه بلوك‌های ساختمانی که از اداره کل راه و شهرسازی و شهرداری مشهد تهیه شد استفاده گردید. سپس بر اساس جهت حرکت رواناب روی کلیه معاشر (مسیرهای اصلی و فرعی کانال‌ها و جوی‌های آب)، زیرحوزه‌ها تعیین گردید که در نهایت ۱۱۳ زیر حوزه برای منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شد.

روش تحقیق

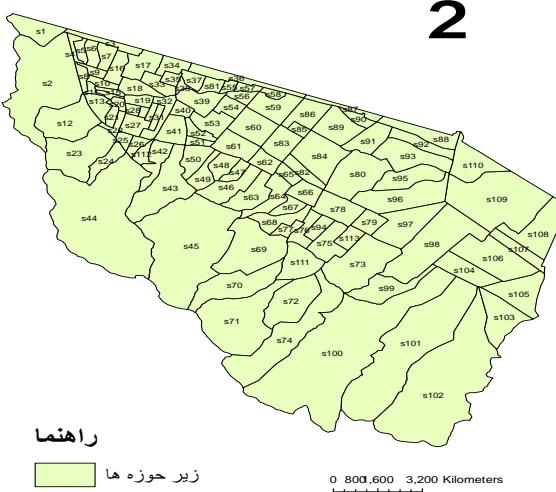
در این تحقیق ابتدا مرز زیرحوزه‌ها، کانال‌ها و گره‌ها در محیط جی ای اس بسته شد که به عنوان عناصر فیزیکی ورودی به مدل ASSA محسوب می‌شوند سپس خروجی‌های مدل ASSA در محیط نرم‌افزار جی ای اس تجزیه و تحلیل شد.

۷- مدل ASSA

مدل (ASSA) یک بسته مدل‌سازی پیشرفته، قدرتمند، و جامع برای تحلیل و طراحی سیستم‌های زهکشی شهری، رواناب شهری و فاضلاب‌های بهداشتی است. از قابلیت‌های این نرم‌افزار این است که می‌توان به طور همزمان از مدل‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و مدل‌های کیفیت آب در دو واحد آمریکایی و متریک پشتیبانی کند. مواردی که می‌توان از این مدل برای طراحی و تجزیه و تحلیل آنها استفاده کرد عبارتند از:

- ۱- طراحی سیستم‌های زهکشی بزرگراه‌ها
- ۲- طراحی سیستم زهکشی شهری و حوضچه‌های ذخیره مرتبط
- ۳- سیستم زهکشی زیر سطحی

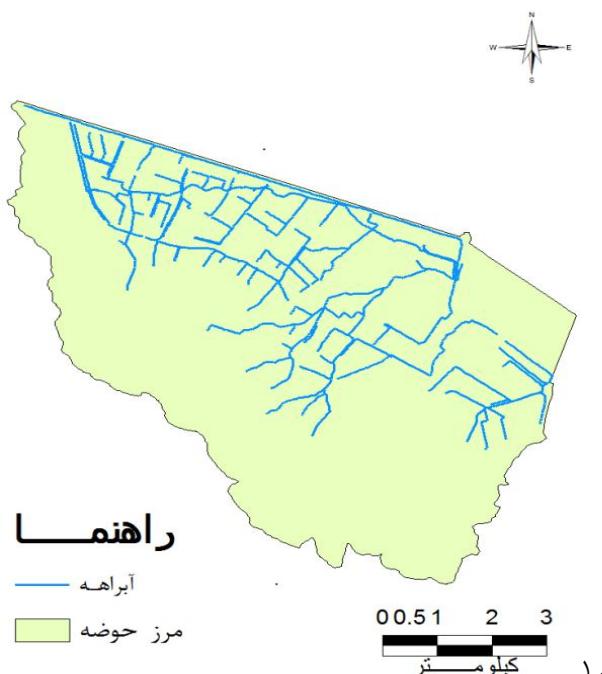
۲



شکل ۲- نقشه منطقه مورد مطالعه و مرز زیرحوزه ها
Figure 2. Map of the study area and the Sub catchmentborder

بالادست و پایین دست، طول کanal، عمق کanal، عرض بالای کanal، شکل و ضریب زبری مانینگ می باشد.

اطلاعات مربوط به کانال ها
در منطقه مورد مطالعه ۲۸۰۵ کanal وجود دارد (شکل ۳).
اطلاعات مربوط به آن ها شامل شماره کanal، شماره گره



شکل ۳- نقشه شبکه آبراهه منطقه مورد مطالعه
Figure 3. Map of the study area drainage

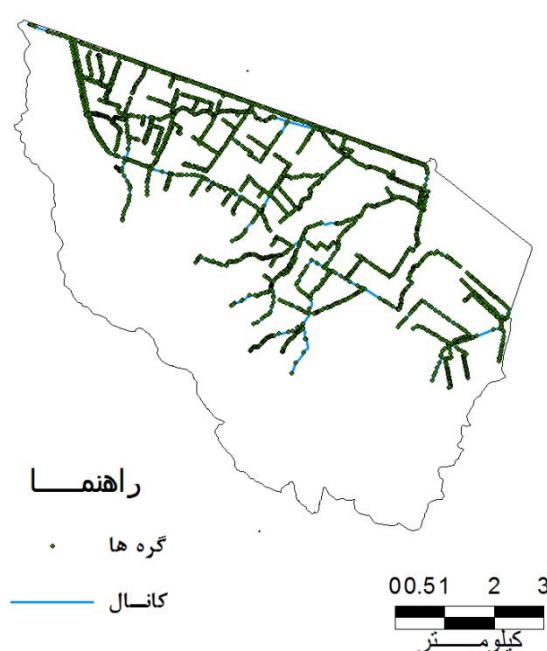
عرض جغرافیایی و حداقل عمق اتصالات با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مشخص گردید.

اطلاعات مورد نیاز اتصالات: مشخصات اتصالات و محل ورود رواناب هر زیرحوزه به مجاری شبکه زهکشی از طریق بازید میدانی و مشخصات آنها از قبیل رقوم کف، طول و

تراز گره می‌باشد. شکل ۴ موقعیت گره‌ها بر روی نقشه ارائه شده است.

اطلاعات مربوط به گره‌ها

در کل شبکه زهکشی منطقه تعداد ۲۸۰۶ گره مشخص شد که اطلاعات مربوط به آن شامل شماره گره، حداکثر عمق و



شکل ۴- موقعیت گره‌ها

Figure 4. The position of the nodes

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

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

$$BIAS \% = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{sim} - Q_{obs})}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}} \quad (3)$$

در اینجا Q_{sim} دبی شبیه‌سازی شده و Q_{obs} دبی مشاهداتی در زمان t_{av} ، Q_{av} میانگین دبی مشاهداتی 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 نشان‌دهنده این است که داده‌های شبیه‌سازی شده بهتر از میانگین داده‌های مشاهداتی است و در صورتی که منفی باشد نشان می‌دهد که خروجی مدل با ماهیت سیستم متناظر نیست (۲۰). همچنین هرچه مقدار مجدور میانگین مربعات خطای کوچک‌تر باشد، تفاوت داده‌های

اطلاعات هواشناسی و هیدرولوژی: این اطلاعات شامل مقادیر بارش (تک‌واقعه یا پیوسته)، تبخیر ماهانه، سرعت باد و همچنین اطلاعات و پارامترهای برف می‌باشد. با توجه به فرضیات استفاده از مدل در واقعه رگباری اطلاعات فوق الذکر تأثیر عمده‌ای بر نتایج مدل نداشته و حساسیت چندانی ندارند، با این احوال این اطلاعات با فرض واقعه رگباری و به شکل زیر در مدل جایگزینی شده است. با توجه به فرضیات و امکانات مدل در خصوص دما از انتخاب عدم وجود اطلاعات استفاده شده است. در خصوص تبخیر با توجه به این که زمان و قوع رگبارهای اندازه‌گیری شده در فصلی بوده که هوا در سرده است، میزان تبخیر برابر صفر در نظر گرفته شد. از آنجا که برآورد رواناب در مدل ASSA و سایر مدل‌های جمع‌آوری رواناب شهری براساس مقادیر بارش می‌باشد. بنابراین این اطلاعات از مهم‌ترین و اساسی‌ترین اطلاعات مورد استفاده مدل هستند. که در این تحقیق از بارش طرح با دوره بازگشتهای ۲، ۵ و ۱۰ ساله استفاده شد.

شاخص‌های ارزیابی کارایی مدل SWMM: در این مطالعه از چهار معیار ضریب ناش سلتکلیف، کلینگ گوپتا، RMSE و BIAS برای بررسی صحت و اسننجی و اعتبارسنجی مدل استفاده گردید. که معیارها با شماره‌های ۱ تا ۴ مشخص شده‌اند.

در سال‌های اخیر استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و ترکیب آن با مدل‌های هیدرولوژیکی (۲۶، ۲۷) و هیدرولوژیکی در حوزه‌های پیچیده شهری جهت بهدست آوردن نتایج دقیق‌تر افزایش روز افزونی داشته و باعث شده تا GIS نقش کلیدی در مطالعات بارش-رواناب در حوزه‌های شهری داشته باشد. علاوه‌بر این گسترش تکنیک‌های GIS و استفاده از ابزارهایی چون نقشه کاربری اراضی، نقشه مناطق نفوذناپذیر، مدل رقومی ارتفاع (DEM)، عکس‌های هوایی دیجیتالی، نقشه خطوط ارتفاعی و نقشه شبکه زهکشی می‌توانند پارامترهای ورودی برای مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولوژیکی را فراهم کنند (۲۴). در مطالعه حاضر نیز به منظور مدل‌سازی بارش-رواناب از مدل ASSA بهره گرفته شد. نتایج بهدست آمده حاکی از این بود مدل ASSA قابلیت انتقال مستقیم داده‌ها و اطلاعات را از سیستم اطلاعات جغرافیایی را دارا می‌باشد، یعنی اطلاعات مورد نیاز مدل با فرمتی که هستند قابلیت انتقال را دارا می‌باشند و بالعکس خروجی‌های مدل را می‌توان در محیط جی آی اس تجزیه و تحلیل کرد و سرعت محاسبات و شبیه‌سازی را افزایش داد. در این تحقیق نقشه زیرحوزه‌ها، کانال‌ها و گره‌ها به عنوان عناصر اصلی مدل به طور مستقیم از GIS وارد محیط مدل شدند و با توجه به زمان تمرکز حوزه، که با استفاده از خطکش رود کالیبره شده برابر یک ساعت بهدست آمد، هایتوگراف‌های بارندگی با زمان تداومی برابر زمان تمرکز حوزه محاسبه شد به این ترتیب که ابتدا در دوره بازگشت‌های مورد نظر، شدت بارندگی با تداوم یک ساعت بهدست آمد و سپس مقدار بارش تجمعی و سپس مقدار بارش جزئی محاسبه شد و از روی مقدار بارش جزئی، هایتوگراف بارندگی شکل ۵ ترسیم گردید. و مدل برای بارش طرح با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله شبیه‌سازی شد.

مشاهدهای و برآورده شده کمتر بوده و دقت پیش‌بینی مدل بیشتر خواهد بود. خطای کل در حجم جریان بوده، مقادیر مثبت و منفی این ضربی نشان‌دهنده بیشتر یا کمتر بودن متوسط حجم جریان شبیه‌سازی شده توسط مدل نسبت به جریان مشاهداتی است (۹).

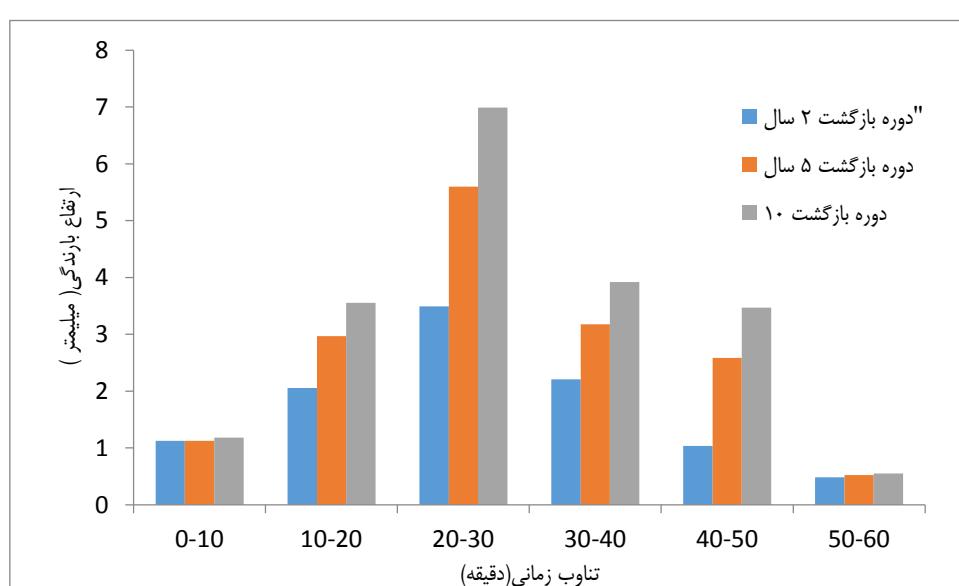
معیار ارزیابی کلینگ-گوپتا

این معیار جدیدترین معیار ارزیابی برای مقایسه هیدرولوگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده می‌باشد. گوپتا و همکاران (۱۲) ضمن معرفی این شاخص به مقایسه و بررسی مزیت‌های آن با معیار معروف ناشر-سانکلیف پرداخته‌اند. این معیار در سال ۲۰۱۲ توسط کلینگ و همکاران (۱۹) به صورت بازبینی شده ('KGE') به کار گرفته شد.

$$KGE = \sqrt{(r - 1)^2 + (\alpha - 1)^2 + (\beta - 1)^2} \quad (4)$$

در فرمول مذکور r ضربی همبستگی بین داده‌های شبیه‌سازی و اندازه‌گیری می‌باشد. آلفا نسبت انحراف معیار مقادیر شبیه‌سازی به انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری است. بتا نسبت میانگین مقادیر شبیه‌سازی به میانگین مقادیر اندازه‌گیری (مشاهداتی) است. بهترین مقدار برای معیار گوپتا بهجای آلفا از گاما استفاده می‌شود که نشان‌دهنده تطابق کامل هیدرولوگراف‌ها می‌باشد. در معیار بازبینی شده کلینگ-گوپتا بهجای آلفا از گاما استفاده می‌شود که نسبت ضربی تغییرات مقادیر شبیه‌سازی به ضربی تغییرات مقادیر مشاهداتی می‌باشد (۱۹).

نتایج و بحث



شکل ۵- هایتوگراف‌های بارندگی برای بارش طرح با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله
Figure 5. Rainfall Hyetographs for Precipitation With a Return Period of 2,5and 10 years

خروجی دبی جریان وقایع در شکل‌های ۶ تا ۱۱ قابل مشاهده است.

نتایج آماری حاصل از فرآیند واسنجی در جدول ۱ و نتایج اعتبارسنجی در جدول ۲ ارائه شده است و هیدروگراف

جدول ۱- نتایج واسنجی مدل ASSA

Table 1. Calibration Results of the ASSA Model

KGE	BIAS %	RMSE	معیار	تاریخ بارندگی
-۰/۷۶۷	-۱۶/۷۳	۰/۶	۰/۸۵	۱۳۹۳/۱۰/۲۰
-۰/۸۵۵	۸/۵۶	۰/۶۵	۰/۸۷	۱۳۹۳/۱۱/۲۶
-۰/۷۶	-۲۵/۵	۰/۵۸	۰/۸	۱۳۹۳/۱۲/۲
-۰/۶۱	-۱۲/۵	۰/۹۱	۰/۶۳	۱۳۹۳/۱۲/۱۵

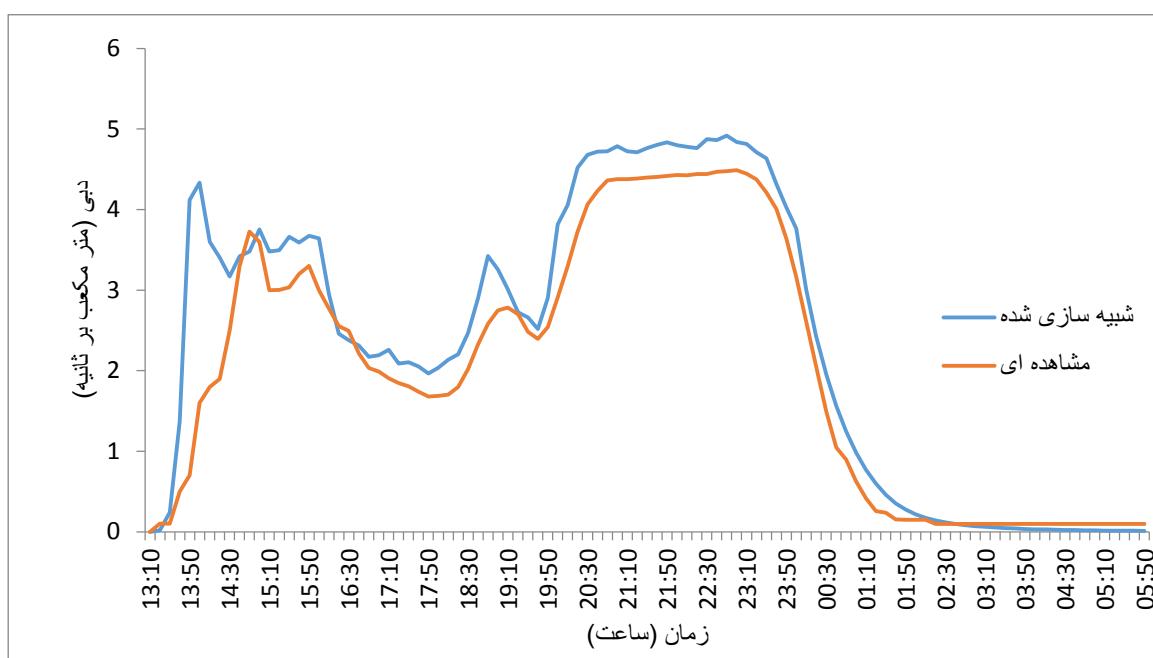
جدول ۲- نتایج اعتبارسنجی مدل ASSA

Table 2. Evaluation Results of the ASSA Model

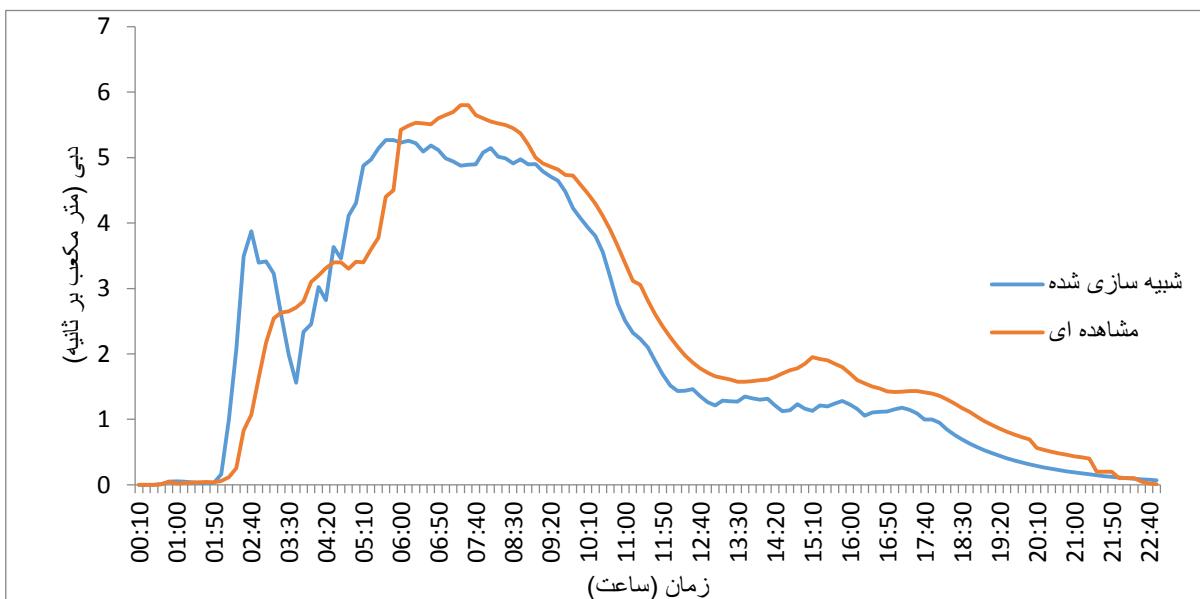
KGE	BIAS %	RMSE	معیار	تاریخ بارندگی
-۰/۷۷	۲۱/۶۵	۰/۶۱	۰/۶	۱۳۹۴/۱/۷
-۰/۷۴	۱۲/۴۳	۱/۱۴	۰/۶۱	۱۳۹۴/۱/۱۱

شبیه‌سازی دبی در وقایع بررسی شده انطباق خوبی با داده‌های مشاهداتی دارد.

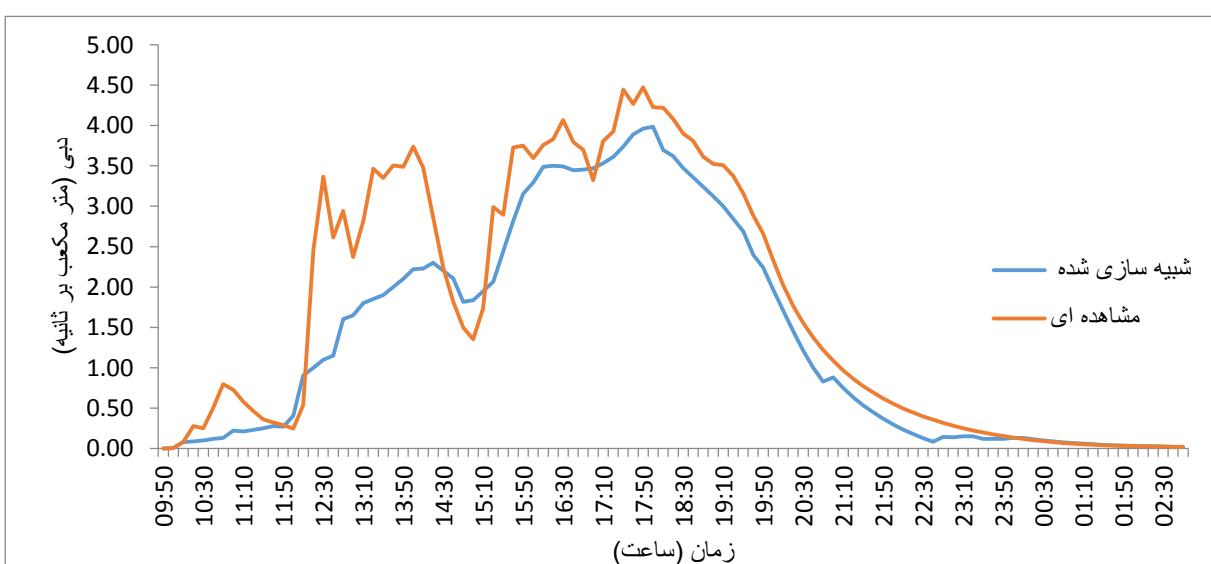
هیدروگراف‌های شبیه‌سازی رگبارهای مرحله واسنجی و اعتبارسنجی در مقابل دبی‌های مشاهداتی در اشکال شماره ۶ تا ۱۲ ارائه شده است. که با توجه با اشکال ۶ تا ۱۲،



شکل ۶- نتایج واسنجی هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دبی برای واقعه ۱۳۹۳/۱۰/۲۰
Figure 6. Calibration Results of the Observed and Simulated Hydrographs of Run Off for The first Event 2015/1/10



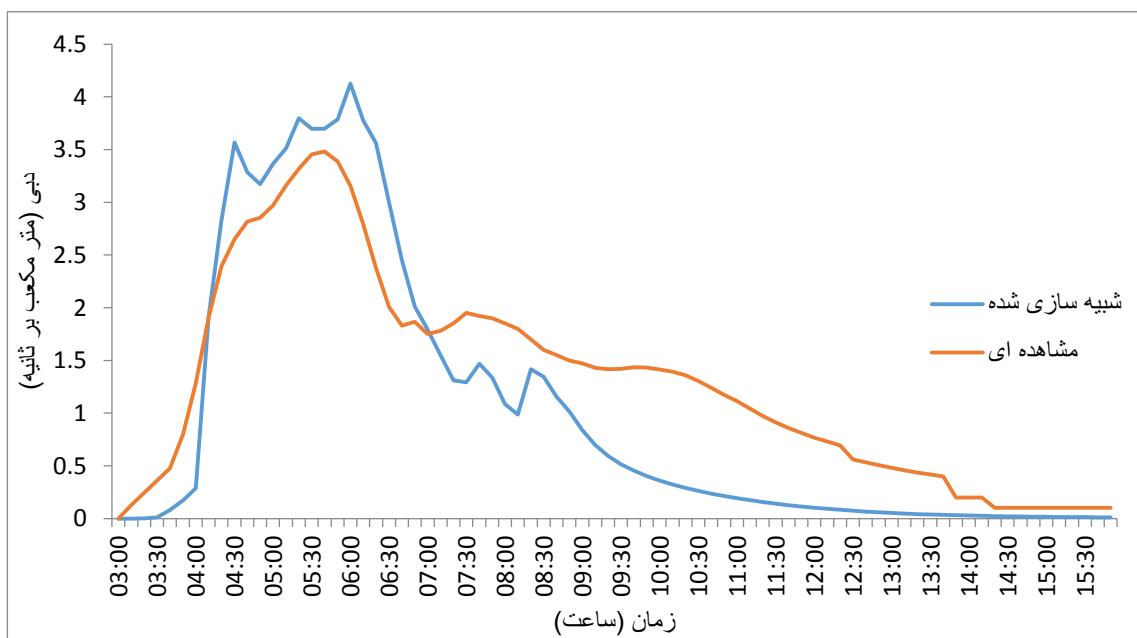
شکل ۷- نتایج واسنجی هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دبی جریان برای واقعه ۱۳۹۳/۱۱/۲۶
Figure 7. Calibration Results of the Observed and Simulated Hydrographs of Run Off for the Second Event 2015/2/15



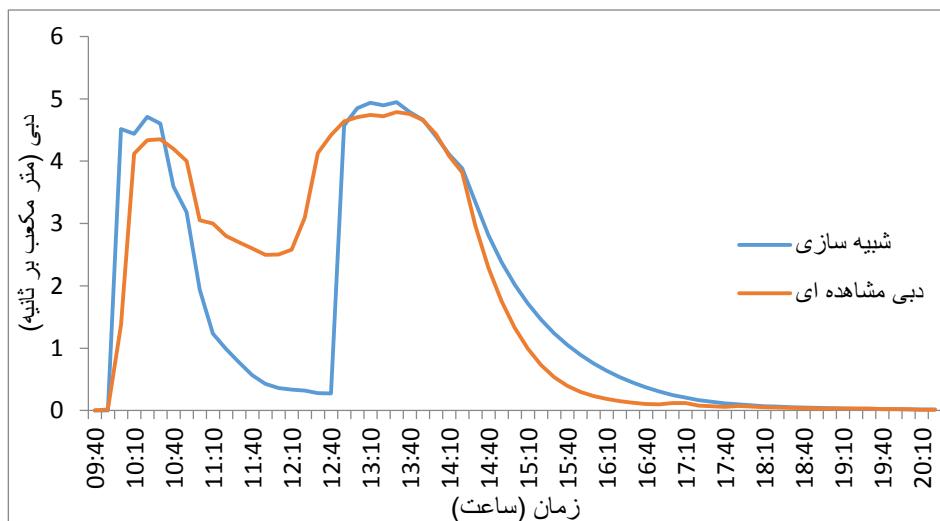
شکل ۸- نتایج واسنجی هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دبی جریان برای واقعه ۱۳۹۳/۱۲/۲
Figure 8. Calibration Results of the Observed and Simulated Hydrographs of Run Off for the Third Event 2015/2/21



شکل ۹- نتایج واسنجی هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دبی برای واقعه ۱۳۹۳/۱۲/۱۵
Figure 9. Calibration Results of the Observed and Simulated Hydrographs of Run Off for The Fourth Event 2015/3/6



شکل ۱۰- نتایج ارزیابی هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دبی برای واقعه ۱۳۹۴/۱/۷
Figure 10. Calibration Results of the Observed and Simulated Hydrographs of RunOff for the Fifth Event 2015/3/27



شکل ۱۱- نتایج ارزیابی هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دبی برای واقعه ۱۳۹۴/۱/۱۱
Figure 11. Calibration Results of the Observed and Simulated Hydrographs of RunOff for The Sixth Event 2015/3/31

که به نتیجه رسیدند شبیه‌سازی آبگرفتگی‌های ناشی از بارندگی‌های طرح در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل SWMM با آنچه که هر ساله در آنجا روى مى‌دهد، مويد صحت شبیه‌سازی‌های مدل مى‌باشد، مطابقت دارد. در ادامه پس از حصول اطمینان از عملکرد مدل، به‌منظور کاربردی شدن تحقیق حاضر مدل برای ۳ دوره بازگشت های ۵ و ۱۰ سال اجرا خواهد شد، پژوهشگران دوره بازگشت‌های مناسب برای طراحی در مناطق شهری را بین ۲ تا ۱۰ سال برآورد کرده‌اند (۲۳). در ادامه پس از اجرای مدل با ۲ دوره بازگشت مدنظر کانال‌های سیلابی و حساس به آبگرفتگی مشخص و راهکارهای مناسب برای رفع آن پیشنهاد خواهد شد. که نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل در جدول ۳ ارائه شده است.

در شکل‌های ۵ تا ۱۰ نتایج تعیین کانال‌های بحرانی به عنوان خروجی‌های مدل ASSA در محیط نرم‌افزار جی ای اس را برای منطقه مورد مطالعه به ازای رگبار یک ساعته در دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ سال ارائه شده است.

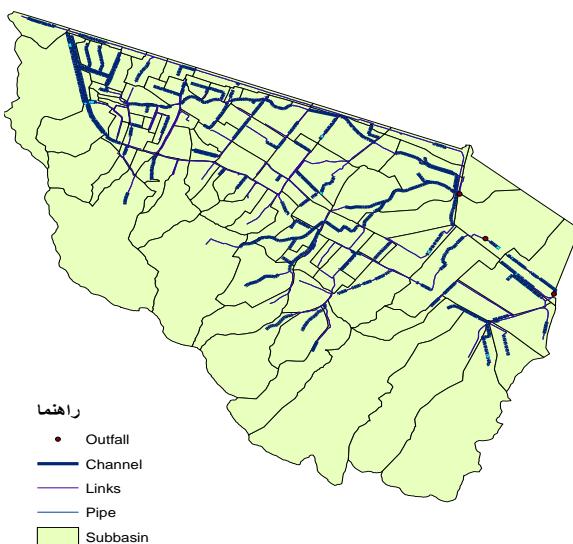
نتایج حاصل از واسنجی مدل نشان داد که شبیه‌سازی دبی در واقعیت بررسی شده انطباق خوبی با داده‌های مشاهداتی دارد. که مقدار NS برای واقعیت بیشتر از ۰/۵ می‌باشد. نتایج ارزیابی مدل ASSA جدول (۱) کارایی و دقت مدل را با مقدار NS بالاتر از ۰/۵ تایید می‌کند. همچنین مقادیر RMSE برای واقعیت شبیه‌سازی حاصل از واسنجی و ارزیابی مدل ASSA به ترتیب برابر ۰/۶۵، ۰/۵۸ و ۰/۹۱ و ۰/۶۱ و ۰/۱۴ و مقدار ضریب کلینگ گوپتا برای واقعیت شبیه‌سازی حاصل از واسنجی و ارزیابی مدل ASSA به ترتیب برابر ۰/۷۶، ۰/۷۶ و ۰/۶۱ و ۰/۷۷ و ۰/۷۴ و شدن نتایج قابل قبول مدل است و همچنین نشان می‌دهد که مدل مذکور قابلیت شبیه‌سازی رواناب سطحی را دارا می‌باشد که با یافته‌های بدیعی زاده و همکاران (۵) که از مدل مذکور در شبیه‌سازی رواناب شهر گرگان استفاده کردند و به نتیجه رسیدند مدل SWMM دقت مورد نیاز برای شبیه‌سازی رواناب سطحی را دارا می‌باشد و همچنین با یافته‌های کریمی و همکاران (۱۷)، در شبیه‌سازی کمی سیلاب ناشی از بارندگی در بخش‌های از حوزه شهری بابلسر

جدول ۳- طول و درصد آبگرفتی منطقه مطالعاتی

Table 3. Length and Percentage of Flooding in The Study Area

درصد	حال سیلابی و آبگرفتگی	طول	دوره بازگشت
۱/۸۱		۹۵۰/۷۴	۲ ساله
۲/۹۱		۱۵۳۲	۵ ساله
۴/۳۳		۲۲۷۷/۶۵	۱۰ ساله
۵/۱۵		۲۷۰۶/۸۸	۲۵ ساله
۵/۲۸		۲۷۴/۴۷	۵۰ ساله
۵/۵۵		۲۹۱۷/۵۷	۱۰۰ ساله
۵/۹۶		۳۱۳۱/۹۲	۲۰۰ ساله

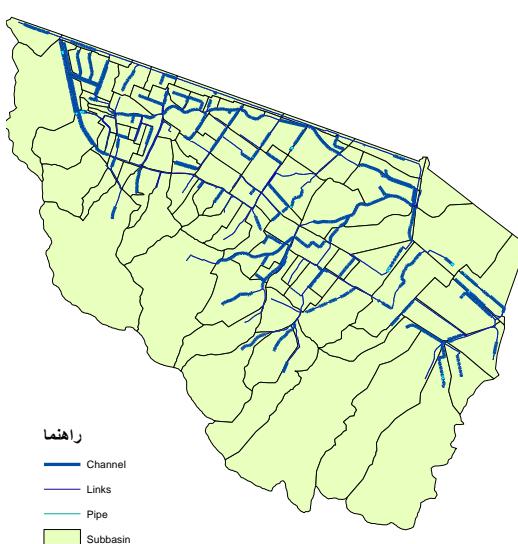
۲



شکل ۱۲- تعیین کanal‌های بحرانی، با دوره بازگشت ۲ سال در محیط جی ای اس با توجه به خروجی‌های مدل ASSA

Figure 12. Determine the Critical Channel with a Return Period of 2 years in the GIS Environment According to the Outputs of the ASSA Model

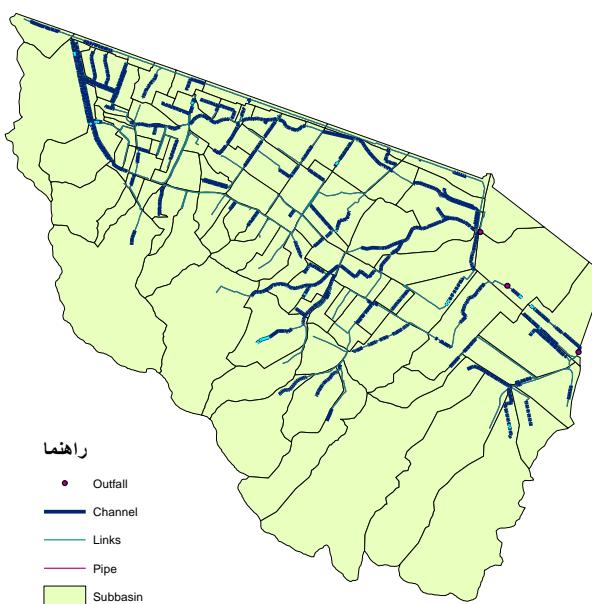
۲



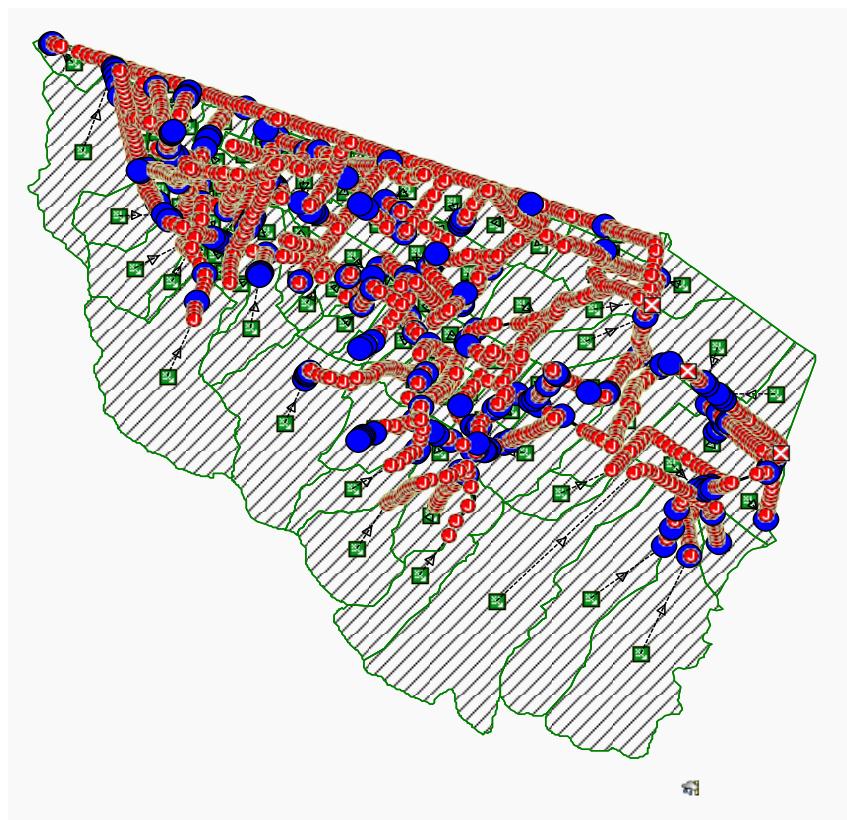
شکل ۱۳- تعیین کanal‌های بحرانی، با دوره بازگشت ۵ سال در محیط جی ای اس با توجه به خروجی‌های مدل ASSA

Figure 13. Determine the Critical Channel with a Return Period of 5 years in the GIS Environment According to the Outputs of The ASSA Model

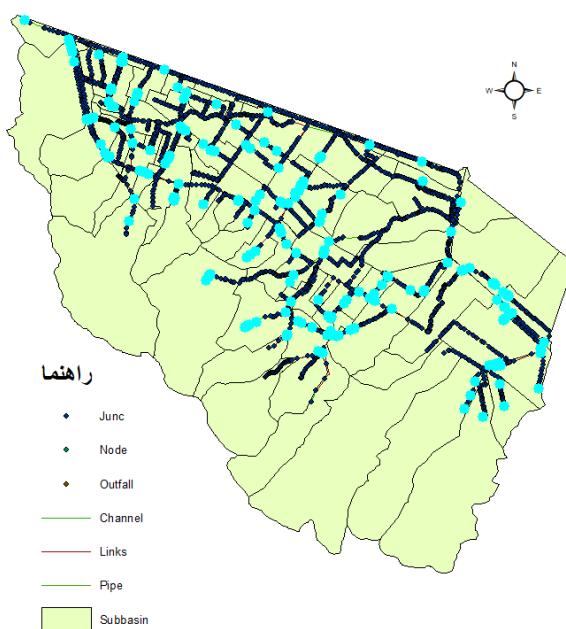
۲



شکل ۱۴- تعیین کانال‌های بحرانی، با دوره بازگشت ۱۰ سال در محیط حی ای اس با توجه به خروجی‌های مدل ASSA
Figure 14. Determine the Critical Channel with a Return Period of 10 years in the GIS Environment According to the Outputs of the ASSA Model



شکل ۱۵- نقاط آبگرفتگی (زنگ آبی) توسط مدل ASSA با دوره بازگشت ۱۰ سال
Figure 15. Flooding Points with the Return Period of 10 Years by the ASSA Model



شکل ۱۶- نقاط آبگرفتگی با دوره بازگشت ۱۰ سال در محیط جی ای اس با توجه به خروجی‌های مدل
Figure 16. Flooding Points with the Return Period of 10 Years in the GIS Environment
According to the Model Outputs

شهری خطالراس و خطالقرع مشخصی جهت تعیین مرز حوزه وجود ندارد بسیار مشکل است اما در کل از یک اصل کلی تبعیت می‌کند که آن تعیین مرز بر اساس خط تقسیم آب است. در این مطالعه بدليل اینکه DEM دقیقی از منطقه در دسترس نبود بعد از بررسی میدانی و استفاده از نقاط ارتفاعی نقشه کاربری اراضی مرز زیر حوزه‌ها بسته شد. همچنین از سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت بهدست‌آوردن سایر پارامترهای ورودی به مدل‌های بارش-رواناب از جمله مساحت، عرض معادل زیرحوزه‌ها و شبیه متوسط و درصد مناطق نفوذپذیر استفاده گردید که نتایج قابل قبولی بدست آید و نتایج بهدست‌آمده با نتایج (۲۴، ۱۳، ۷) از نظر انعطاف‌پذیری مدل مذکور، مطابقت دارد.

زمان تمرکز حوزه به عنوان مهم‌ترین عامل برای انتخاب رگبارهای طرح از منحنی‌های شدت-مدت-فرابوی ۵۰٪ منطقه بوده و در نتیجه از عوامل موثر بر رواناب حداکثر می‌باشد. با توجه به اهمیت زمان تمرکز در برآورد سیلاب و شکل هیدرولوژیکی سیلاب و نقشی که سیلاب‌ها در تخریب تأسیسات، اینیه آبی و اماکن مسکونی دارند محاسبه زمان تمرکز در پروژه‌های آبخیزداری، سدسازی و هیدرولوژی شهری امری جدی محسوب می‌شود. از طرف دیگر توسعه شهرها و مناطق مسکونی و افزایش مناطق نفوذپذیر باعث کاهش زمان تمرکز در حوزه‌های شهری شده است اما در بعضی مواقع کاهش شبیه و ناکارآمدی سیستم زهکشی باعث افزایش زمان تمرکز گردیده است. از بین روش‌های مختلف برآورد زمان تمرکز از روش صحرایی با استفاده از خطکش Rod کالیبره شده بهره گفته شد، که در نهایت با توجه به محاسبات انجام‌شده زمان تمرکز حوزه برابر با یک ساعت محاسبه شد.

همانطور که از جدول ۳ و شکل‌های شبیه‌سازی‌های ۱۲ تا ۱۴ معلوم است برای دوره بازگشت ۲ ساله، ۱/۸۱ درصد شبکه زهکشی دارای شرایط بحرانی می‌باشد و برای دوره بازگشت‌های بهترتبه ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال بهترتبه ۲/۹۱، ۴/۳۳، ۵/۱۵، ۵/۲۸، ۵/۵۵ و ۵/۹۶ درصد شبکه در شرایط بحرانی و سیلابی قرار دارند و علاوه‌بر این همانطور که در جدول فوق مشخص است، کanal‌هایی هم وجود دارند که دارای مشکل آبگرفتگی می‌باشند که با نتایج بدیعی‌زاده و همکاران (۶) مطابقت دارد. همچنین علاوه‌بر کanal‌های بحرانی، نقاط یا گره‌های آبگرفتگی با دوره بازگشت‌های مختلف در محیط مدل و نهایتاً خروجی‌های آن در نرم افزار جی آی اس برآورد گردیده است و نتایج نشان داد که با افزایش دوره بازگشت بارندگی، از تعداد گره ۲۸۰۶ موجود در شبکه مجاری زیرزمینی و سطحی، ۱۱۴ و ۱۷۸ گره بهترتبه در دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله دچار سیلاب و آبگرفتگی شدند. بررسی‌های میدانی، نقشه‌های موجود رقوم ارتفاعی شبکه جمع‌آوری رواناب شهری و شبیه‌سازی‌های انجام‌گرفته، حاکی از آن است که، علت اصلی آبگرفتگی‌ها، کوچک‌بودن سطح مقطع مجاری آبرو و همچنین شبیه کم و زیاد در برخی نقاط شبکه بوده است. مطابقت نتایج شبیه‌سازی آبگرفتگی‌های ناشی از بارندگی‌های طرح در منطقه مورد مطالعه با آنچه که هر ساله در آنجا روی می‌دهد، موبید صحت شبیه‌سازی‌های مدل می‌باشد.

به طور کلی نتایج نشان داد، اولین موضوعی که در مدل‌های هیدرولوژیکی مطرح است تعیین دقیق مرز حوزه و زیر حوزه‌های منطقه مورد مطالعه است. تعیین مرز در حوزه‌های کوهستانی و شهری، با توجه به اینکه در حوزه‌های

کلینگ-گوپتا به ترتیب برای وقایع مورد بررسی حدود ۷۲/۰ و ۷۵/۰ می‌باشد. نتایج ارزیابی مدل ASSA کارایی و دقت مدل را تایید می‌کند که مقدار معیارهای مذکور بالاتر از ۵/۰ اندازه‌گیری شد. همچنین میانگین مقدار مجذور میانگین مربعات خطا برای واقعه‌های موجود برابر ۷۴/۰ شد، که نشان‌دهنده نتایج قابل قبول مدل است. در نتیجه می‌توان گفت انطباق خوبی بین رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهدهای وجود دارد و این می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که مدل ASSA دقت مورد نیاز برای شبیه‌سازی رواناب شهری را دارد و می‌توان از این مدل برای طرح‌های مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه زهکشی رواناب شهری در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود که با یافته‌های کریمی و همکاران و بدیعی‌زاده و همکاران (۱۷,۵) مطابقت دارد.

در این تحقیق مشخص شد مدل ASSA قابلیت انتقال مستقیم داده‌ها و اطلاعات را از سیستم اطلاعات جغرافیایی را دارا می‌باشد، یعنی اطلاعات مورد نیاز مدل با فرمی که هستند قابلیت انتقال را دارا می‌باشند. در غیر اینصورت هر کدام از اطلاعات مربوط به زیرحوزه‌ها، کانال‌ها، گره‌ها باید به صورت دستی وارد گردد که کار سیار وقت‌گیر و هزینه‌بری است. این موضوع مهم‌ترین شاخصه مدل می‌باشد که مدل مذکور بسیار کاربری‌سندتر، کم‌هزینه‌تر و دقیق‌تر از مدل می‌باشد و قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی با مدل‌های دیگر دارد که با یافته‌های دونگکوا و همکاران (۹)، مطابقت دارد.

همچنین، نتایج حاصل از واسنجی و ارزیابی مدل نشان داد که شبیه‌سازی شش واقعه بررسی شده انطباق خوبی دارد که میانگین مقدار ضریب ناش- ساتکلیف و معیار ارزیابی

منابع

1. Ahmadian, M. 2012. Evaluation of Urban Runoff With Using The SWMM Model to Reduce Flood Hazard (Case Study: Hashgrd New Town). Master's Thesis, Science and Research Islamic Azad University, 150 pp (In Persian).
2. Ainluo, F. 1393. The Effect of Land use Changes and Urban Development on Runoff (Case Study: Zanjan City). Master's Thesis, Department of Natural Resources, Tehran University, 18 pp (In Persian).
3. Akart, J. 2005. Applications Quaternary Geological. Department of Publications (SID), First Edition, Tehran, 466 pp (In Persian).
4. Asghari Moghaddam, R. 1999. Hydrology and The City Flood Hazard. First Edition, Masei, Publications, Tehran, (In Persian).
5. Badeizadeh, S. A.R., Bahremand, A.A. Dehghani, and N. Nora. 2015. Urban Flood Management Through Surface Runoff Simulation to Use SWMM Model in Gorgan City, Golestan province. Journal of Soil and Water Conservation, 22(4): 1-16 pp (In Persian).
6. Badeizadeh, S. A.R. Bahremand and A.A. Dehghani. 2016. Calibration and Evaluation of The Hydrologic- Hydraulic Model SWMM to Simulate Runoff (Case Study: Gorgan). Journal of Watershed Management Research, 7(14): 1-10 pp (In Persian).
7. Chen, A.S., M.H. Hsu, C.J. Huang and W.Y. Lien. 2010. Analysis of The Sanchunginundation During Typhoon Aere, 2004. Nat Hazards.
8. Dalir, A. 2009. Simulation of Sewage Network Performance during rain fall using of MIKE SWMM and Arc View Model Combination (Case Study partial of Mashhad Sewage Network). Master's Thesis, Water trend, Ferdowsi University of Mashhad, 195 pp.
9. Dongquan, Z., C. Jining, W. Haozheng, T. Qingyuan, C. Shangbing and S. Zheng. 2009. GIS-based urban rainfall-runoff modeling using an automatic catchment-discretization approach, (case study in Macau). Environ Earth Science, 59: 465-472 pp.
10. Jevelyn Ann S. Tobio, Marla C. Maniquiz-Redillas and Lee-Hyung Kim 2015. Optimization of The Design of Urban Runoff Treatment System using Storm Water Management Model (SWMM). Journal of Desalination and Water Treatment, 53(11): 1-8.
11. Fewtrell, T.J., A. Duncan, C.C. Sampson, J.C. Neal and P.D. Bates. 2011. Benchmarking Urban Flood Models of Varying Complexity and Scale Using High Resolution Terrestrial LIDAR data Original Research Article Physics and Chemistry of the Earth. Parts A/B/C, 36 (7-8): 281-291.
12. Gupta, H.V., H. Kling, K. Koray, Y. Guillermo and F. Martinez. 2009. Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. Journal of Hydrology, 377(1-2): 80-91. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.08.003.
13. Hashemi, N.S. and G. Abedi Kupayi. 2016. Use of Urban Runoff in Green Space to Reduce Pressure on Drinking Water and Health. Resources Case Study: Najaf Abad City. First National Conference on Drinking Water Supply and Demand, Challenges and Solutions, Isfahan, Isfahan of Technology University.
14. Hosein Zadeh, S.R. and M. Jahadi Toroughi. 2007. The Mashhad city Preceding Effects of the Natural Drainage Patternand Urban Flooding Intensify. Geographic Studies, 61: 145-159 (In Persian).
15. Hojjat Marvost, A. 2011. Presentation of Water Balance Model for Studying Urban Runoff in Part of Tehran. Master Thesis, Yazd University, 61 pp.

16. Ghasemi, S. and M. Maghrebi. 2015. Delay Ponds as Solution for Development and Urban Sustainable Management. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 3(6): 1-14 pp (In Persian).
17. Karimi, V.A., K. Solimani, M. Habib NeJad Roshan and K. Shahehdi. 2015. Simulation of Flow in Open and Closed Conduits by EPA-SWMM Model. *Case and Water Conservation*, 22(4): 1-16 pp (In Persian).
18. Karami, M., A. Ardesir and C. Behzadian. 2015. The Flooding Risk Management and pollution caused by Urban Flood Using Modern and Modern Optimal Solutions. *Iranian Water Resources Research Journal*, 11(11): 162-170 (In Persian).
19. Kling, H., M. Fuchs and M. Paulin. 2012. Runoff conditions in the upper Danube basin under an ensemble of climate change scenarios. *Journal of Hydrology*, 6(424-425): 264-277 DOI:10.1016/j.jhydrol.2012.01.011.
20. Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting though conceptual models. Part 1-A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10: 282-290.
21. Misgana, K., P.F. Muleta, C. Orr and J. JeRo. 2005. Using Genetic Algorithms and Particle Swarm Optimization for Optimal Design and Calibration of Large and Complex UUrban Storm Water Management Models. *Proceedings of World Environmental and Water Resource Congress*.
22. Rezayi, F., A.R. Bahremand, V.B. Shaikh, M.T. Dasturani and M. Tajbakssh. 2018. Determination of the Most Important Parameters Affecting the Urban Runoff using SWMM Model (Case Study: Mashhad City, District). *Journal of Watershed Management Research*, 10(18): 135-145 (In Persian).
23. Shad, R. and A.R. Hoveidafard. 2015. Comparison Of Rational, SCS and SWMM Models for Analysis of Urban Pathway Inundation Using GIS (Case Study: Zone 9 Of Mashhad). *Jounal of Soil and Water Science*, 4: 285-301.
24. Seth, I., P. Soonthornnonda and E.R. Christensen. 2006. Use of GIS in Urban Storm-Water Modeling. *Journal of Environmental Engineering*, 132(12): 1550-1552.
25. Scott, A. 2006. Sanitary Sewer Design Using EPA Storm Water Management Model (SWMM). Department of Civil and Environmental Engineering. Manhattan College, Parkway, Riverdale, New York, 10471.
26. Todini, E. 1999. An Operational Decision Support System for Flood Risk Mapping. *Forecasting and Management, Urban Water*, 1: 131-143.
27. Wang, X., X. Gu, Z. Wu and C. Wang. 2008. Simulation of Flood Inundation of Guiyang City Using Remote Sensing, GIS and hydrologic model. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XXXVII: 775-778.

Determination of Critical Channel Using Combination of ASSA and GIS Models in Different Return Periods (Case Study: Mashhad Municipality9 District)

Fatemeh Rezayi¹, Abdolreza Bahremand², Vahed Berdi Shaikh³, Mohammad Taghi Dasturani⁴ and Saïd Mohammad Tajbakhsh⁵

1- PhD Student Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University of Golestan Province, Iran (Corresponding author: frezayi25@yahoo.com)

2- Associate Professor Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University of Golestan Province, Iran

3- Associate Professor Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University of Golestan Province, Iran

4- Professor Mashhad Ferdosi University, Khorasan Razavi Province

5- Assistant Professor, Birjand University, Khorasan Gonobi Province, IRAN Birjand University

Received: 24 February, 2018 Accepted: 8 May, 2019

Abstract

The quantitative and qualitative management of urban runoff is a very complicated. Regardless of the economic and social impacts, water engineers always need to know how to respond to a city's drainage system against different climatic conditions. In this research, the combination of ASSA and GIS models in the returns periods of 2, 5, 10 and 50 years were used to determine the flooding points in the 9th district of Mashhad municipality. First, the watershed boundaries, canals and nodes maps was extracted from the GIS environment. Then the ASSA model was simulated for a One-hour design for a different return period. Then, the outputs of the model were analyzed in the GIS software environment. The results showed that with increasing rainfall return period, 2806 nodes in underground and superficial networks of 114, 178 and 226 nodes were flooded and inundation during the return periods of 2, 5, 50 and 50 years, respectively. Field surveys, existing elevation digital maps of the urban runoff network and simulations have shown that the main cause of inundation is the small size of the cross section of the duct, as well as the low slope in some parts of the network. Adaptation of the results of the simulation of rainfall-induced waterlogging in the study area with what happens every year confirms indicates the correctness of the simulations of the model. Moreover, simulation results of the model also showed that there is a good agreement between the simulated results and the measurement.

Keywords: ASSA Models, Flooding Point, GIS, Return Periods, Runoff Simulation